

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-059521

(43)Date of publication of application : 28.02.2003

(51)Int.Cl.

H01M 8/06

C01B 3/38

H01M 8/04

H01M 8/12

(21)Application number : 2001-245477

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 13.08.2001

(72)Inventor : ISHIBASHI YOICHI

YADORI KIYOMI

SHINOHARA YOSHITAKA

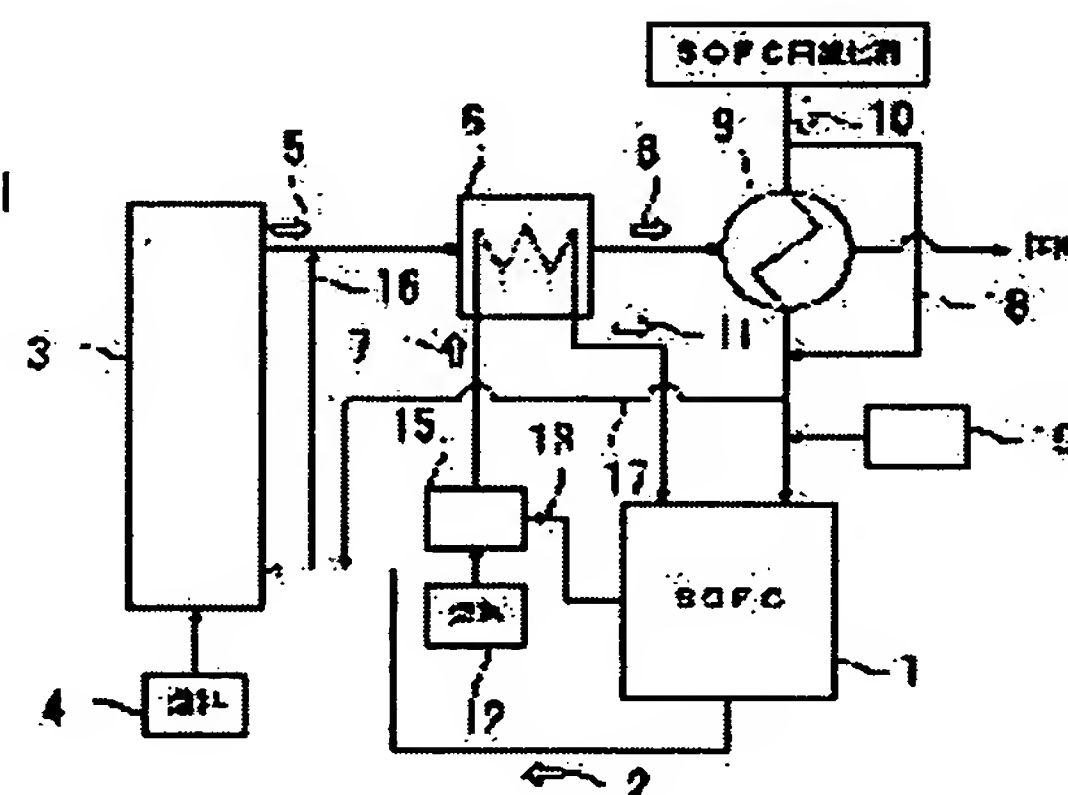
YOSHIWAKA HIDEHIKO

## (54) COMBINED SYSTEM OF SOLID OXIDE FUEL CELL AND INDUSTRIAL PROCESS UTILIZING COMBUSTION AND ITS OPERATING METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a combined system of an SOFC having an excellent general efficiency which enables effective use of exhaust gas of combustion process, making more efficient of SOFC fuel reforming, and simplifying of an SOFC module.

**SOLUTION:** The combined system of the solid-oxide fuel cell (1) whose exhaust gas is to be an oxidant for the industrial process (3) utilizing combustion and the industrial process (3) utilizing combustion, is provided with a reformer (6) heating and reforming a power-generating fuel (7) of the solid-oxide fuel cell (1) with the use of exhaust gas (5) the industrial process (3) utilizing combustion.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3704299

[Date of registration] 29.07.2005

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The combined system of the solid-acid ghost form fuel cell characterized by coming to be prepared the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process which the exhaust gas of a solid-acid ghost form fuel cell is the combined system of the solid-acid ghost form fuel cell which it comes to make into the oxidizing agent for industrial processes using combustion, and the industrial process using combustion, and uses said combustion, and heated and reforms the fuel of said solid-acid ghost form fuel cell for a generation of electrical energy, and the industrial process using combustion.

[Claim 2] The combined system of the solid acid ghost form fuel cell according to claim 1 characterized by coming to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine, and the industrial process using combustion.

[Claim 3] The combined system of the solid acid ghost form fuel cell according to claim 1 or 2 characterized by coming to prepare Rhine which bypasses the industrial process using said combustion between said solid acid ghost form fuel cells and said reforming machines, and the industrial process using combustion.

[Claim 4] The combined system of the solid acid ghost form fuel cell according to claim 2 or 3 characterized by coming to prepare Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell between said recuperator and the industrial process using said combustion, and the industrial process using combustion.

[Claim 5] A combined system with the industrial process which uses the solid acid ghost form fuel cell of a publication, and combustion for any 1 term of claims 2-4 characterized by coming to prepare a means to supply low-temperature gas from said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells discharged from said recuperator, between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell.

[Claim 6] A means to supply the gas of said low temperature is the combined system of the solid acid ghost form fuel cell according to claim 5 characterized by being Rhine which bypasses said recuperator, and the industrial process using combustion.

[Claim 7] A combined system with the industrial process which uses the solid acid ghost form fuel cell of a publication, and combustion for any 1 term of claims 2-6 characterized by coming to prepare a means to heat said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell.

[Claim 8] The industrial process using said combustion is a combined system with the industrial process which uses the solid acid ghost form fuel cell of a publication, and combustion for any 1 term of claims 1-7 characterized by being a heating furnace.

[Claim 9] The industrial process using said combustion is a combined system with the industrial process which uses the solid acid ghost form fuel cell of a publication, and combustion for any 1 term of claims 1-7 by which it is being [ it / the heat treating furnace equipped with the radiant tube ] characterized.

[Claim 10] A combined system with the industrial process which the industrial process using said combustion is a reducing atmosphere furnace, and uses the solid acid ghost form fuel cell of a

publication, and combustion for any 1 term of claims 1-7 to which the reducing gas used for this reducing atmosphere furnace is characterized by coming to be used in common as fuel electrode side purge gas of said solid acid ghost form fuel cell.

[Claim 11] It comes to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the oxidizer for industrial processes using combustion. It comes to prepare the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process using said combustion, and heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of said solid acid ghost form fuel cell. In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine, and the industrial process using combustion According to the amount of oxidizers which the industrial process using said combustion needs, the oxidizer flow rate of said solid acid ghost form fuel cell is adjusted. The operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by adjusting the electric generating power of a solid acid ghost form fuel cell according to this oxidizer flow rate for solid acid ghost form fuel cells, and temperature, and the industrial process using combustion.

[Claim 12] It comes to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the oxidizer for industrial processes using combustion. It comes to prepare the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process using said combustion, and heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of said solid acid ghost form fuel cell. It comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine. It comes to prepare the gas line which bypasses the industrial process using said combustion between said solid acid ghost form fuel cells and said reforming machines. In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell between the industrial processes using said recuperator and said combustion, and the industrial process using combustion It responds to the oxidizer flow rate which the industrial process using said solid acid ghost form fuel cell and said combustion needs. The operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by controlling Rhine which bypasses the industrial process using said combustion, or said Rhine which carries out a solid acid ghost form fuel cell bypass, and the industrial process using combustion.

[Claim 13] It comes to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the oxidizer for industrial processes using combustion. It comes to prepare the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process using said combustion, and heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of said solid acid ghost form fuel cell. It comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine. Between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare a means to heat a means to supply low-temperature gas from said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells discharged from said recuperator, or said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, and the industrial process using combustion The operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by controlling a means to supply the gas of said low temperature, or said means to heat, according to the oxidizer temperature which said solid acid ghost form fuel cell needs, and the industrial process using combustion.

[Claim 14] It comes to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the oxidizer for industrial processes using combustion. It comes to prepare the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process using said combustion, and heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of said solid acid ghost form fuel cell. In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine, and the industrial process using combustion Only the industrial process which uses said combustion at the time of combined system starting, without starting said solid acid ghost form fuel cell is started. By the fuel electrode side purge gas and said recuperator of said solid acid ghost form fuel cell heated with said reforming vessel The operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by carrying out the

temperature up of said solid acid ghost form fuel cell using said heated oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, and the industrial process using combustion.

[Claim 15] It is the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the oxidizing agent for industrial processes using combustion, and the industrial process using combustion. The reducing gas which the industrial process using said combustion is a reducing atmosphere furnace, and is used for this reducing atmosphere furnace The combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by coming to be used in common as fuel electrode side purge gas of said solid acid ghost form fuel cell, and the industrial process using combustion.

---

[Translation done.]



**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Field of the Invention]** This invention uses mutually exhaust heat with a solid acid ghost form fuel cell and the industrial process using combustion in more detail about the combined system of a fuel cell and the industrial process using combustion, and relates to the combined system which raises overall efficiency.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** A solid acid ghost form fuel cell (it is indicated also as "SOFC" below Solid Oxide Fuel Cell:) is a fuel cell which attaches a porous electrode in the both sides, supplies oxidizers (air, oxygen, etc.) to one side by making this into a septum at a fuel gas and another side side, using oxide ion conductivity solid electrolytes, such as yttria stabilized zirconia, as an electrolyte, and operates at about 1000 degrees C.

**[0003]** Since actuation and \*\* electrolyte are solid-states at the possibility of use of a carbon monoxide, and \*\* elevated temperature as \*\* high power and the possibility of achievement of high generating efficiency, and \*\* fuel gas in addition to hydrogen, SOFC has the descriptions, like there is no problem of electrolyte dissipation, and it attracts attention as a distributed energy source.

**[0004]** In recent years, along with the rise of the social request to a deployment of energy, the attempt which raises overall efficiency not only according to the improvement in effectiveness by the industrial process independent using a power plant or combustion but according to construction of the combined system (complex system) which combined 2 or more than it attracts attention, and desire of the improvement in the further overall efficiency is carried out also about SOFC which has high generating efficiency.

**[0005]**

**[Problem(s) to be Solved by the Invention]** The applicant of this invention developed the combined system of SOFC and the industrial process (it is hereafter indicated also as a "combustion process" for convenience) using combustion to old for the purpose of the improvement in overall efficiency of the combined system containing SOFC (application for patent No. 47285 [ 2001 to ]). This combined system attains improvement in overall efficiency by using the exhaust gas of SOFC as an oxidizer for combustion processes, and using the heat of the exhaust gas of SOFC effectively. The operation gestalt which prepares the recuperator which heats the oxidizer for SOFC with the exhaust gas of a combustion process is also developed for improvement in the further overall efficiency. Furthermore, in order to enable operation which maintained balance with SOFC and a combustion process, the amelioration gestalt which prepares Rhine which bypasses recuperator, SOFC, or a combustion process, and the amelioration gestalt which establishes a means to heat the oxidizer for SOFC, between recuperator and SOFC were also created.

**[0006]** The above-mentioned combined system brings about improvement in dramatic overall efficiency compared with operation by SOFC or the combustion process independent, and can call it what is as [ this ] rich in practicality enough. However, this invention persons found out the point with the room of some amelioration by inquiring wholeheartedly for the purpose of

development of a still more useful combined system. These are indicated below.

[0007] The 1st point is related with the further deployment of the heating value which the exhaust gas of a combustion process has. In the above-mentioned combined system, although collected for heating of the heating value which the exhaust gas of a combustion process has of the air for SOFC, when the exhaust gas of a combustion process is an elevated temperature, the room of exhaust heat recovery is left behind. That is, when the exhaust gas of a combustion process is an elevated temperature, even after collecting heating values using recuperator etc., it is possible to have the available heating value and to use this exhaust heat effectively.

[0008] The 2nd point is related with reforming of the fuel for SOFC. When using a hydrocarbon system fuel as a fuel of SOFC, it is necessary using a steam-reforming reaction to reform to CO and H<sub>2</sub> which are a generation-of-electrical-energy fuel. This reforming reaction advances suitably above 700 degrees C, and since it is endothermic reaction, it needs to supply heat continuously to a system. It is necessary to establish an external reforming means to form an internal reforming means by which generation-of-electrical-energy exhaust heat and the exhaust gas sensible heat of SOFC were used in the interior of SOFC as a means to supply heat continuously, or to supply heat from the exterior. However, in order to perform internal reforming, the reforming catalyst needs to be arranged inside SOFC and there was a problem which SOFC structure complicates. Moreover, since a heat source is newly [ in order to perform external reforming ] needed in external reforming vessels, it is not desirable on energy efficiency.

[0009] The 3rd point is related with the facility for starting of SOFC. In order to carry out the temperature up of the SOFC to the hot operating temperature of about 1000 degrees C in order to start SOFC, and to prevent oxidization of the fuel electrode of SOFC, it is necessary to supply the purge gas which makes nitrogen and hydrogen a subject to a fuel-supply system. For this reason, the facility used only for startings of SOFC, such as a purge gas preheater and a purge gas supply means, was needed, and problems, such as increase of the complication and equipment cost of equipment, were invited.

[0010] This invention is made in view of the above-mentioned matter, and "a deployment of the exhaust gas of a combustion process", "the increase in efficiency of fuel reforming for SOFC", and "simple-ization of a SOFC module" aim at offering the combined system of the industrial process using possible SOFC which has the outstanding overall efficiency, and combustion.

[0011] Moreover, this invention aims at offering suitably the operating method of said combined system which can respond to a service condition.

[0012]

[Means for Solving the Problem] This invention is completed paying attention to the point which can solve the above-mentioned technical problem by considering as the configuration which the exhaust gas of SOFC equipped with the reforming machine which can use the exhaust gas of a combustion process effectively further about the combined system of the SOFC and the combustion process which it comes to make into the oxidizing agent for combustion processes. Moreover, when the exhaust gas of SOFC shares the reducing gas for combustion processes as SOFC purge gas about the combined system of the SOFC and the combustion process which it comes to make into the oxidizing agent for combustion processes, it is completed paying attention to the point that simple-ization of a SOFC module can be attained. In addition, the concrete means of the invention in this application is as follows.

[0013] Come to make this invention into the oxidizer for industrial processes with which the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell uses combustion. It is the combined system of a solid acid ghost form fuel cell and the industrial process using combustion. It is the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by coming to prepare the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process using said combustion, and heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of said solid acid ghost form fuel cell, and the industrial process using combustion.

[0014] It is desirable to come to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine.

[0015] It is desirable to come to prepare Rhine which bypasses the industrial process using said

combustion between said solid acid ghost form fuel cells and said reforming machines.

[0016] It is desirable to come to prepare Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell between said recuperator and the industrial process using said combustion.

[0017] It is more desirable than said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells discharged from said recuperator between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell to come to prepare a means to supply low-temperature gas.

[0018] As for a means to supply the gas of said low temperature, it is desirable that it is Rhine which bypasses said recuperator.

[0019] It is desirable to come to prepare a means to heat said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell.

[0020] As for the industrial process using said combustion, it is desirable that it is a heating furnace.

[0021] As for the industrial process using said combustion, it is desirable that it is the heat treating furnace equipped with the radiant tube.

[0022] The industrial process using said combustion is a reducing atmosphere furnace, and it is desirable to come to use in common the reducing gas used for this reducing atmosphere furnace as fuel electrode side purge gas of said solid acid ghost form fuel cell.

[0023] Moreover, it comes to make this invention into the oxidizer for industrial processes with which the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell uses combustion. It comes to prepare the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process using said combustion, and heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of said solid acid ghost form fuel cell. In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine, and the industrial process using combustion According to the amount of oxidizers which the industrial process using said combustion needs, the oxidizer flow rate of said solid acid ghost form fuel cell is adjusted. It is the operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by adjusting the electric generating power of a solid acid ghost form fuel cell according to this oxidizer flow rate for solid acid ghost form fuel cells, and temperature, and the industrial process using combustion.

[0024] Moreover, it comes to make this invention into the oxidizer for industrial processes with which the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell uses combustion. It comes to prepare the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process using said combustion, and heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of said solid acid ghost form fuel cell. It comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine. It comes to prepare the gas line which bypasses the industrial process using said combustion between said solid acid ghost form fuel cells and said reforming machines. In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell between the industrial processes using said recuperator and said combustion, and the industrial process using combustion It responds to the oxidizer flow rate which the industrial process using said solid acid ghost form fuel cell and said combustion needs. It is the operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by controlling Rhine which bypasses the industrial process using said combustion, or said Rhine which carries out a solid acid ghost form fuel cell bypass, and the industrial process using combustion.

[0025] Moreover, it comes to make this invention into the oxidizer for industrial processes with which the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell uses combustion. It comes to prepare the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process using said combustion, and heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of said solid acid ghost form fuel cell. It comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine. Between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell/In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare a means to heat a means to supply low-temperature gas from said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells discharged from said



recuperator, or said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, and the industrial process using combustion. It is the operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by controlling a means to supply the gas of said low temperature, or said means to heat, according to the oxidizer temperature which said solid acid ghost form fuel cell needs, and the industrial process using combustion.

[0026] Moreover, it comes to make this invention into the oxidizer for industrial processes with which the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell uses combustion. It comes to prepare the reforming machine which uses the exhaust gas of the industrial process using said combustion, and heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of said solid acid ghost form fuel cell. In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of said reforming machine, and the industrial process using combustion. Only the industrial process which uses said combustion at the time of combined system starting, without starting said solid acid ghost form fuel cell is started. By the fuel electrode side purge gas and said recuperator of said solid acid ghost form fuel cell heated with said reforming vessel. It is the operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by carrying out the temperature up of said solid acid ghost form fuel cell using said heated oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, and the industrial process using combustion.

[0027] Furthermore, this invention is the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the oxidizing agent for industrial processes using combustion, and the industrial process using combustion. The reducing gas which the industrial process using said combustion is a reducing atmosphere furnace, and is used for this reducing atmosphere furnace. It is the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by coming to be used in common as fuel electrode side purge gas of said solid acid ghost form fuel cell, and the industrial process using combustion.

[0028]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained, referring to a drawing.

[0029] As for drawing 1, it comes to introduce the exhaust gas (2) of SOFC (1) into a combustion process (3) as an oxidizer for combustion process (3) with a fuel (4). The exhaust gas (5) of this combustion process (3) is used for the reforming machine (6) which heats and reforms the fuel for a generation of electrical energy of SOFC (12). Subsequently, in order that the exhaust gas of a reforming machine (6) may heat the oxidizer for SOFC (10), it is the mimetic diagram of 1 operation gestalt of the invention in this application supplied to recuperator (9).

[0030] In a combined system, the oxidizer for SOFC (10) and a reforming finishing fuel (11) are supplied to SOFC (1), and a generation of electrical energy is performed. Especially the type of SOFC used for this invention is not limited, and cylindrical [SOFC], the flat-surface mold SOFC, etc. can use various kinds SOFC, and it can choose them suitably according to a use application and an installation environment. About the supply process of the oxidizer for SOFC (10), and a reforming finishing fuel (11), it mentions later.

[0031] In the combined system of this application, the exhaust gas (2) which occurs with operation of SOFC is supplied to a combustion process (3) as an oxidizer for combustion processes. It is the fuel cell characterized by SOFC (1) operating at an elevated temperature, and the exhaust gas (2) of SOFC is very an elevated temperature with 800-1000 degrees C, and an oxygen density is 15 - 18%. For this reason, when that a hot oxidizer is supplied supplies the exhaust gas (2) of SOFC as a desirable oxidizer for combustion processes, direct use can be carried out as an oxygen supply for combustion, and effectiveness is in improvement in overall efficiency. Furthermore, the exhaust gas (2) of SOFC contains the residual fuel which was not utilized by SOFC (1), and can aim at use of a residual fuel in a combustion process (3). It has the advantage that moreover elevated-temperature combustion is realizable. The effectiveness acquired by elevated-temperature combustion and elevated-temperature combustion below is

explained briefly.

[0032] The oxygen supply of a constant rate is required for combustion, and the oxygen density more than about 18 volume % is usually needed. However, above 800 degrees C, it can burn also under hypoxia concentration and can be in the combustion condition called elevated-temperature combustion. The high heat transfer effectiveness is acquired under such elevated-temperature combustion, and generating of nitrogen oxides (NOx) can also be reduced. The exhaust gas of SOFC is equipped with 800-1000 degrees C, an oxygen density 15 - 18 volume %, and the conditions suitable for elevated-temperature combustion as mentioned above.

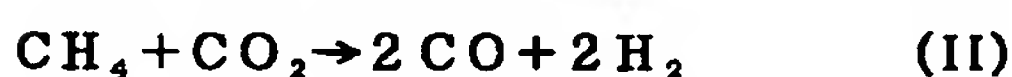
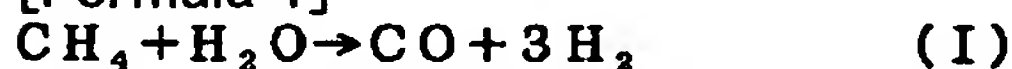
Therefore, even if it is the case where it is directly used as an oxidizer for combustion processes, without adding heating using reforming and the heat exchanger of gas at all, the elevated-temperature combustion which has the above-mentioned description is attained.

[0033] That is, when the exhaust gas (2) of SOFC is used as an oxidizer for combustion processes, the property which the exhaust gas (2) of SOFC has can be utilized effectively, and improvement in overall efficiency can be aimed at.

[0034] A combustion process (3) is not limited especially if combustion is used, and a heating furnace, a heat treating furnace, an incinerator, a boiler, a drying furnace, an air-heating furnace, a chemical reaction furnace, etc. are mentioned. Moreover, it is good also as equipment gestalten, such as a generator burner which SOFC (2) and a combustion process (3) unified, and this gestalt is also included in the technical range of this invention. As a fuel supplied to a combustion process (3) by the fuel-supply means for combustion processes (4), although a fuel oil, methane, coal, a propane, electric heat, etc. are mentioned, it is not limited especially. What is necessary is not to limit especially the combustion temperature of a combustion process (3), either, and just to make the fuel amount of supply increase, when asking for a higher combustion temperature. However, in order to realize above-mentioned elevated-temperature combustion, it is desirable to apply the combustion process which can perform elevated-temperature heat treatment of 800 degrees C or more, and the heat treating furnace equipped with the heating furnace or the radiant tube is mentioned as a suitable example. what carries out radiation heating of the heated object which a radiant tube burns within a tube and is out of a tube -- it is -- various kinds -- a well-known radiant tube can be used.

[0035] The exhaust gas (5) of the combustion process discharged from a combustion process (3) is conveyed by the reforming machine (6), and is used as heating of the fuel mixture (7) which can be reformed, and a heat source of reforming. As for reforming in a reforming machine (6), it is common to carry out steam reforming of the hydrocarbon system SOFC fuel (12) using a reforming catalyst, and the reforming finishing fuel (11) which contains hydrogen and a carbon monoxide as a principal component is supplied to SOFC (1). When it illustrates about the case where methane and ethane (natural gas) are used about a reforming reaction, it is following type (I) - (IV): [0036].

[Formula 1]



[0037] It is come out and expressed.

[0038] Generally this fuel reforming reaction advances suitably above 700 degrees C. For this reason, as for the exhaust gas (5) of a combustion process, it is desirable that it is 700 degrees C or more, and its heat treating furnace specifically equipped with the radiant tube is desirable. It is because the exhaust gas temperature from a radiant tube can become a no less than 1000 degrees C elevated temperature.

[0039] Supply of the fuel for a reforming machine (6) can be mixed in a generated electricity fuel mixing means (15), and can supply the generated electricity fuel (13) which contains a steam and a carbon dioxide as shown in drawing 1 as fuel mixture (7) which can be reformed. An ejector, a circulating pump, etc. are mentioned as a generated electricity fuel mixing means (15).

[0040] A reforming machine (6) can use what was filled up with the catalyst for reforming for various fuel mixture (7) transit routes of a well-known heat exchanger which can be reformed, such as a countercurrent-heat-exchange machine and parallel flow heat exchange, and is not especially limited to them. The reforming catalyst for which the catalyst for reforming is also usually used can be used, and nickel system catalyst, a Pt-nickel system catalyst, a Pd-Zn system catalyst, a Cu-Zn system catalyst, etc. are mentioned.

[0041] The matter stated to the combined system which combined SOFC (1) and a combustion process (3) in thus, the technical problem which it is going to describe above " solve by including a reforming machine (6) further" is solvable at once.

[0042] That is, the heating value which the exhaust gas (5) of a combustion process has is effectively utilizable by leading the exhaust gas (5) of a combustion process to a reforming machine (6). Especially, big effectiveness is acquired when the exhaust gas (5) of a combustion process is an elevated temperature.

[0043] Moreover, when the fuel mixture (7) which can be reformed was reformed, while needing the complicated internal reforming means or the external heat source in order to have advanced conventionally the steam-reforming reaction which is endothermic reaction, the external reforming means which is not desirable was needed by the heat dissipation loss etc. on energy efficiency. In this application, although the fuel mixture (7) which can be reformed is reformed with the reforming vessel (6) formed in the exterior of SOFC, since the exhaust gas (5) of the combustion process (3) which constitutes a combined system at this time is utilizable, it is not necessary to establish specially a means to supply heat to a reforming machine (6). Therefore, the configuration of SOFC (1) is made to a simple thing, and improvement in energy efficiency can be aimed at.

[0044] Drawing 2 does not establish a generated electricity fuel mixing means (15), but it is the mode which supplies a steam (14) with the fuel for hydrocarbon system SOFC (12), and such an amelioration gestalt is also included in the technical range of the invention in this application. As a generating means of a steam (14), the mode of using the exhaust gas of recuperator (9) can be considered (not shown).

[0045] Furthermore, a reforming machine (6) is effectively utilizable as a temperature up means at the time of starting of SOFC (1). This operation is explained with reference to drawing 3 . First, in order to prevent oxidization of a fuel electrode to the fuel electrode side of SOFC (1), the purge gas (20) which makes nitrogen and hydrogen a subject is supplied, and the oxidizer for SOFC (10) is supplied to the air pole side of SOFC (1). And without operating SOFC (1), a combustion process (3) is operated and the exhaust gas (5) of a hot combustion process is introduced into a reforming machine (6). Purge gas (20) is heated in a reforming machine (6), and the heated purge gas (20) is conveyed at the fuel electrode side of SOFC (1). When a combustion process (3) is a reducing atmosphere furnace, the reducing gas of a combustion process (3) can be shared as fuel electrode purge gas (20) of SOFC, the configuration of a combined system can be made simple, and facility cost can be reduced. A carburization furnace, a hardening furnace, etc. are mentioned as a reducing atmosphere furnace, and inert gas, such as helium, an argon, and nitrogen, is mentioned as a component in which the gas which generally contains hydrogen as reducing gas is contained in addition to hydrogen, and deals. In addition, when a combustion process (3) is a reducing atmosphere furnace, it is not necessary to necessarily consider as the configuration which carries out the temperature up of the reducing gas using a reforming machine (6), and other temperature up means may be used. Even if it is this case, the configuration of a combined system can be made simple and the effectiveness which reduces facility cost is acquired.

[0046] When a combustion process (3) is not a reducing atmosphere furnace, a purge gas supply means should just use general means, such as a bomb in which control of flow is possible, that what is necessary is just to establish the purge gas supply means which makes nitrogen and hydrogen a subject.

[0047] In the combined system equipped with recuperator (9), recuperator (9) is heated by the exhaust gas (8) of a reforming machine, and a SOFC oxidizer (10) is heated. And SOFC (1) is heated by even operating temperature according to hot purge gas (20) and an operation of a



SOFC oxidizer (10). If SOFC (1) reaches operating temperature, the gas supplied to a reforming machine (6) will be gradually changed into a generation-of-electrical-energy fuel (12) from purge gas (20), and the generation of electrical energy in SOFC (1) will be started. Thus, since a combustion process (5) and a reforming machine (6) are utilized and SOFC (1) can be heated, it is not necessary to form the special equipment for heating and the temperature up of SOFC (1), an equipment configuration can be made simple, and facility cost can be reduced. Moreover, when it uses together as Rhine where purge gas (20) passes through Rhine through which the fuel mixture (7) which can be fuel (12) reformed for SOFC, and a reforming finishing fuel (11) pass at the time of SOFC(1) starting, reduction of simple-izing of much more equipment configuration and facility cost can be aimed at. What is necessary is just to control the gas passed using a valve, in using Rhine together.

[0048] Improvement in overall efficiency can be aimed at by forming a reforming machine (6) so that it may mention above, but in order to acquire still higher overall efficiency, it is desirable to prepare recuperator (9). As shown in drawing 1, recuperator (9) can be prepared using the exhaust gas (8) of a reforming machine so that the oxidizer for SOFC (10) can be heated. Moreover, if a problem does not arise especially on operation of a combined system, the location of a reforming machine (6) and recuperator (9) may be made reverse, and recuperator (9) may be prepared between a combustion process (3) and a reforming machine (6). In this case, the oxidizer for SOFC (10) is heated by recuperator (9) using the heat of the exhaust gas (5) of a combustion process. And the fuel mixture (7) which can be reformed is heated with a reforming vessel (6) using the heat of the exhaust gas of recuperator (9). However, it can be said that its gestalt which will introduce the exhaust gas (8) of a reforming machine (6) into recuperator (9) if control of a reforming reaction is taken into consideration is more desirable since the reforming reaction in a reforming machine (6) advances suitably above 700 degrees C as above-mentioned. In addition, the following explanation is applicable similarly about the mode which recuperator (9) prepared between the combustion process (3) and the reforming machine (6), although the mode in which it comes to prepare the recuperator (9) which heats the oxidizer for SOFC (10) is explained using the exhaust gas (8) of a reforming machine as shown in drawing 1 for convenience. therefore, this application -- setting -- " -- the exhaust gas of a combustion process -- using -- " -- \*\*\*\* -- the gestalt which supplies the exhaust gas (5) of a combustion process to a reforming machine (6) indirectly through recuperator (9) besides the gestalt which supplies the exhaust gas (5) of a combustion process to a direct reforming machine (6) etc. is also included as a concept.

[0049] recuperator (9) -- various kinds, such as a countercurrent-heat-exchange machine and parallel flow heat exchange, -- a well-known heat exchanger can be used and it is not limited especially. The oxidizer for SOFC (10) heated by recuperator (9) is supplied to SOFC (1), and is used for a generation of electrical energy. As an oxidizer for SOFC (10), air, oxygen gas, the hyperoxia gas that adjusted the oxygen density by mixing of oxygen gas can be used.

[0050] Hereafter, the amelioration gestalt of an above-mentioned combined system and its operating method are explained.

[0051] It may be operated in the condition that the oxidizer flow rate for combustion processes and the exhaust gas (2) flow rate of SOFC which a combustion process (3) needs differ from each other on the occasion of operation of an actual combined system. When a service condition is doubled with the flow rate which one side needs at this time, the function of another side cannot fully be utilized but there is a possibility of inviting reduction in overall efficiency. Moreover, although the optimal operating point (the maximum effectiveness point) as a combined system is changed by change of a combustion process (3) or the service condition of SOFC (1), it is not desirable to change both service conditions frequently from a viewpoint of stable operation.

[0052] In order to solve this problem, it is desirable to prepare Rhine (bypass line A:16) where a part of exhaust gas (2) of SOFC bypasses a combustion process (3) between SOFC (1) and a reforming machine (6). Thereby, while stable operation of a combustion process (3) is securable to the overage of the exhaust gas (2) of SOFC, heat supply in a reforming vessel (6) and a generation of electrical energy of SOFC (1) are also continuable. When preparing recuperator (9)



between a combustion process (3) and a reforming machine (6), it is desirable to prepare Rhine (bypass line A:16) where a part of exhaust gas (2) of SOFC bypasses a combustion process (3) between SOFC (1) and recuperator (9).

[0053] Moreover, in order to supply the oxidizer which has not passed through SOFC (1) in a combustion process (3), it is desirable to prepare Rhine (bypass line B:17) which bypasses SOFC (1) between recuperator (9) and a combustion process (3). Thereby, lack of the oxidizer flow rate for combustion processes is suppliable.

[0054] In the combined system of this invention, a means to supply low-temperature gas from the SOFC oxidizer discharged from recuperator (9) may be established. When such a supply means is established, when the oxidizer for SOFC (10) heated by recuperator (9) is more expensive than the oxidizer temperature which SOFC (1) needs, low-temperature gas can be supplied, and the temperature of the oxidizer for SOFC (10) can be lowered. It is not limited, especially if evil does not produce the gas of the low temperature supplied when operating SOFC (1), and air, oxygen, etc. are mentioned. A supply means can establish various well-known means, such as a blower, and also may form drawing 1 and Rhine (bypass line C) 18 which bypasses recuperator (9) as shown in 2.

[0055] Moreover, the heating means (19) of the oxidizer for SOFC (10) may be established between recuperator (9) and SOFC (1). When the temperature of the oxidizer for SOFC heated by recuperator (9) by the temperature which SOFC (1) needs by installing a heating means (19) does not reach, a heating means (19) can be used and the oxidizer temperature for SOFC can be raised. A means to supply a fuel and to burn it in the oxidizer for SOFC as a heating means (19), a means to prepare and heat a heat exchanger further, etc. are mentioned. When supplying a fuel and burning it, the amount of oxygen supplied to SOFC (1) will decrease, but in the oxidizer for SOFC, the oxygen of an excessive amount usually contains to the generation of electrical energy, and even if it uses oxygen for the temperature up which are dozens - 100 degrees C of numbers, there is no effect in a generation of electrical energy.

[0056] It is desirable to prepare a valve in each bypass line of SOFC (1), and to control a quantity of gas flow. Thereby, a quantity of gas flow is quickly controllable so that overall efficiency becomes max to change of the operation condition of a combustion process and SOFC. Specifically, the possible rose fly valve of the rate control of closing motion which consists of heat-resisting material, such as stainless steel, a nickel alloy, and a ceramic, etc. can be prepared into a bypass line. Although gas conveyance Rhine, such as a bypass line, is not limited to these, it is good to connect with piping which connects each equipment by the bolt connection and weldbonding by the flange using ingredients, such as stainless steel which gave fireproof lining.

[0057] The operating method of the combined system which is applied to an operation of a bypass line below and is applied to this invention at a list is explained.

[0058] Drawing 4 shows the condition that the whole quantity of the oxidizer for SOFC heated by recuperator (9) is used by SOFC (1), and can carry out the maximum use of the exhaust heat of a combustion process (3), and the whole quantity of the exhaust gas (2) of SOFC goes into a combustion process (3), when exhaust heat of a reforming machine (6) is collected by recuperator (9). This condition is defined as a full balance condition. In the case of a full balance condition, overall efficiency becomes the highest.

[0059] In order to always maintain a full balance condition, there is also a method of adjusting the flow rate of the oxidizer for SOFC (10) according to the amount of oxidizers which a combustion process (3) needs, without preparing bypass-line A (16) and bypass-line B (17), and adjusting SOFC electric generating power according to the flow rate and temperature of the oxidizer for SOFC (10). In this case, the flow rate of the oxidizer for SOFC (10) is adjusted so that the exhaust gas (2) of SOFC may become the amount of oxidizers and tales doses which a combustion process (3) needs, and it opts for the electric generating power which can maintain the temperature to which SOFC (1) can operate according to the temperature of the oxidizer for SOFC (10) discharged from recuperator (9). When operating SOFC (1) and a combustion process (3) on the actuation conditions of the fixed range, bypass-line A (16) and bypass-line B (17) cannot be prepared, but \*\* can also acquire high overall efficiency. Therefore, when not

preparing a bypass line etc., equipment cost can be held down as compared with the case where it prepares.

[0060] However, when employing SOFC (1) and a combustion process (3) in an independent plan respectively, a full balance condition cannot be maintained. In this case, using bypass-line A (16), bypass-line B (17), a bypass line C (18), and a heating means (19), it is controllable so that the highest overall efficiency is acquired.

[0061] For example, when there are few oxidizer flow rates which a combustion process (3) needs than the oxidizer flow rate which SOFC (1) needs, the balance of the oxidizer flow rate which SOFC (1) needs, and the oxidizer flow rate which a combustion process (3) needs can be maintained by utilizing bypass-line A (16), as shown in drawing 5. In this case, the part which is not conveyed by the combustion process (3) among the exhaust gas (2) of SOFC is conveyed by bypass-line A (16) at a reforming machine (6), and the sensible heat which the exhaust gas (2) of SOFC has is utilized effectively. Thereby, the overall-efficiency fall of a combined system can be controlled.

[0062] There may be more oxidizer flow rates which a combustion process (3) needs on the other hand from the oxidizer flow rate which SOFC (1) needs. In this case, the insufficiency of the oxidizer flow rate which a combustion process (3) needs is suppliable by utilizing bypass-line B (17), as shown in drawing 6.

[0063] Moreover, when the temperature of the oxidizer for SOFC (10) heated by recuperator (9) does not reach the temperature which SOFC (1) needs, with a heating means (19), the oxidizer for SOFC (10) can be heated and the temperature of the oxidizer for SOFC (10) can be raised (drawing 7). On the contrary, when the temperature of the oxidizing agent for SOFC (10) heated by recuperator (9) is higher than the temperature which SOFC (1) needs, the temperature of the oxidizing agent for SOFC (10) can be lowered by using a bypass line C (18) (drawing 8). Low-temperature air and oxygen may be supplied by a blower etc. instead of [ oxidizer / for SOFC / after recuperator (9) passage / (10) ] a bypass line C (18).

[0064] In addition, in operation of the combined system concerning this invention, bypass-line A-C, a heating means, etc. which were mentioned above are freely combinable.

[0065] Moreover, as the control approach of bypass-line A (16) and bypass-line B (17), the required amount of oxidizing agents is computed from the operation command to a combustion process (3) and SOFC (1), and the method of giving directions to the valve prepared in bypass-line A (16) and bypass-line B (17) based on this is mentioned. The method of giving directions to a bypass line C (18) and a heating means (19) so that the temperature of the oxidizing agent for SOFC (10) may turn into temperature which SOFC (1) needs based on the information acquired from the thermo sensor formed near the SOFC side outlet of recuperator (9) as the control approach of a bypass line C (18) and a heating means (19) is mentioned.

[0066]

[Example] The energy balance of the combined system at the time of using the radiant tube of a steel plate heat treating furnace as a combustion process is shown as compared with the energy balance in a radiant tube simple substance, and the energy balance in a SOFC simple substance.

[0067] The energy balance when setting a fuel required for the <combined system of example 1:SOFC and a radiant tube> SOFC and a radiant tube combined system to 100 is shown in drawing 9. Town gas was used as a fuel for SOFC. Thermal efficiency is following type (1):

[0068].

[Equation 1]

$$\text{熱効率 (\%)} = \frac{(\text{ラジアントチューブからの出熱}) + (\text{電力})}{(\text{供給した熱量})} \times 100 \quad (1)$$

[0069] It was alike and the definition was given more. The thermal efficiency about a radiant tube was 75%, and the thermal efficiency about SOFC was 47%. Moreover, the thermal efficiency of the whole combined system was 79%.

[0070] The energy balance in the radiant tube simple substance at the time of setting heat output in a <example of comparison 1: radiant tube simple substance> radiant tube to 70 is shown in drawing 10. Heat recovery effectiveness of recuperator is made the same as a combined

system for the comparison. When thermal efficiency was searched for according to the above-mentioned formula (1), the thermal efficiency of a radiant tube was 75%.

[0071] The energy balance in the SOFC simple substance at the time of setting the amount of <example of comparison 2:SOFC simple substance> SOFC generations of electrical energy to 9 is shown in drawing 11 . Town gas was used for the fuel for SOFC for the comparison, and energy balance was computed about the case where the heat energy of the exhaust gas of SOFC performs fuel reforming. When thermal efficiency was searched for according to the above-mentioned formula (1), the thermal efficiency of SOFC was 47%.

[0072] As shown in an example and the example of a comparison, it was shown that the effectiveness of the combined system concerning this invention of an example is very excellent.

[0073]

[Effect of the Invention] In the combined system of this application, the exhaust gas which occurs with supply of SOFC is supplied to a combustion process as an oxidizer for combustion processes. At this time, the exhaust gas of SOFC can utilize very much the property that an oxygen density is 15 - 18% at an elevated temperature, with 800-1000 degrees C, and can acquire effectiveness, such as improvement in overall efficiency, reduction of facility cost, and simple-izing of equipment.

[0074] Improvement in overall efficiency can be aimed at by forming the reforming machine which can use the heating value in which the exhaust gas of a combustion process has a reforming machine in addition to the above-mentioned effectiveness. Moreover, since the reforming finishing fuel by which reforming was carried out with the reforming vessel can use it as a fuel for a generation of electrical energy of a solid acid ghost form fuel cell, it becomes unnecessary to equip the interior of a SOFC body with a reforming machine, and structure of SOFC can be made simple. Furthermore, a reforming machine is effectively utilizable as a temperature up means at the time of starting of SOFC.

[0075] About operation of the combined system concerning the invention in this application, efficient operation can be attained by adjusting the oxidizer flow rate and electric generating power of SOFC according to the oxidizer flow rate which a combustion process needs. Moreover, by forming a bypass line and a heating means in a combined system, the temperature of the oxidizer for SOFC and the oxidizer for combustion processes, a flow rate, and an oxygen density can be adjusted flexibly, and even if it is the case where the operating condition of SOFC or a combustion process changes, stable operation can be attained. furthermore, by starting only a combustion process first at the time of combined system starting, since recuperator the case where it has recuperator — is also heated and a reforming machine can carry out the temperature up of the SOFC even to operating temperature, the exclusive heating apparatus for SOFC starting becomes unnecessary, and reduction of simple-izing of equipment and facility cost can be aimed at.

[0076] Moreover, when a combustion process is a reducing atmosphere furnace, it can use in common as fuel electrode side purge gas which uses the reducing gas of a reducing atmosphere furnace at the time of SOFC starting, and the need of installing the exclusive purge gas supply means for SOFC starting can lose.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the mimetic diagram of 1 operation gestalt of the combined system which consists of SOFC, a combustion process, a reforming machine, and recuperator.

[Drawing 2] It is the same combined system as drawing 1 , and is the mimetic diagram of 1 operation gestalt of the combined system in the case of supplying a steam required for fuel reforming by different method.

[Drawing 3] It is drawing showing the condition at the time of combined system starting.

[Drawing 4] It is drawing showing the combined system in a full balance condition.

[Drawing 5] It is drawing showing the combined system in the condition of having used the bypass line A.

[Drawing 6] It is drawing showing the combined system in the condition of having used the bypass line B.

[Drawing 7] It is drawing showing the combined system in the condition of heating the air for SOFC using a heating means.

[Drawing 8] It is drawing showing the combined system in the condition of having used the bypass line C.

[Drawing 9] It is drawing showing the energy balance at the time of compounding SOFC and the radiant tube concerning this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the energy balance in a radiant tube simple substance.

[Drawing 11] It is drawing showing the energy balance in a SOFC simple substance.

### [Description of Notations]

1 Solid Acid Ghost Form Fuel Cell (SOFC)

2 Exhaust Gas of SOFC

3 Industrial Process Using Combustion (Combustion Process)

4 Fuel-Supply Means for Combustion Processes

5 Exhaust Gas of Combustion Process

6 Reforming Machine

7 Fuel Mixture Which Can be Reformed

8 Exhaust Gas of Reforming Machine

9 Recuperator

10 Oxidizer for SOFC

11 Reforming Finishing Fuel

12 Fuel for Hydrocarbon System SOFC

13 Generated Electricity Fuel

14 Steam

15 Generated Electricity Fuel Mixing Means

16 Bypass Line A

17 Bypass Line B

18 Bypass Line C

19 Heating Means

20 Purge Gas



---

[Translation done.]

(11)特許出願公開番号

特開2003-59521

(P2003-59521A)

(43)公開日 平成15年2月28日(2003.2.28)

(51) Int.Cl.?

識別記号

FI

テーマコード\* (参考)

H O 1 M 8/06

H01M 8/06

B 4 G 0 4 0

C 0 1 B 3/38

C O 1 B 3/38

5 H 0 2 7

H O 1 M 8/04

H01M 8/04

H

**N**

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-245477(P2001-245477)

(22)出願日 平成13年8月13日(2001.8.13)

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 石橋 洋一

東京都千代田区大手町2-6-3 新日本  
製鐵株式会社内

(72)発明者 宿利 清巳

東京都千代田区大手町2-6-3 新日本  
製鐵株式會社內

(74) 代理人 100072349

弁理士 八田 幹雄 (外4名)

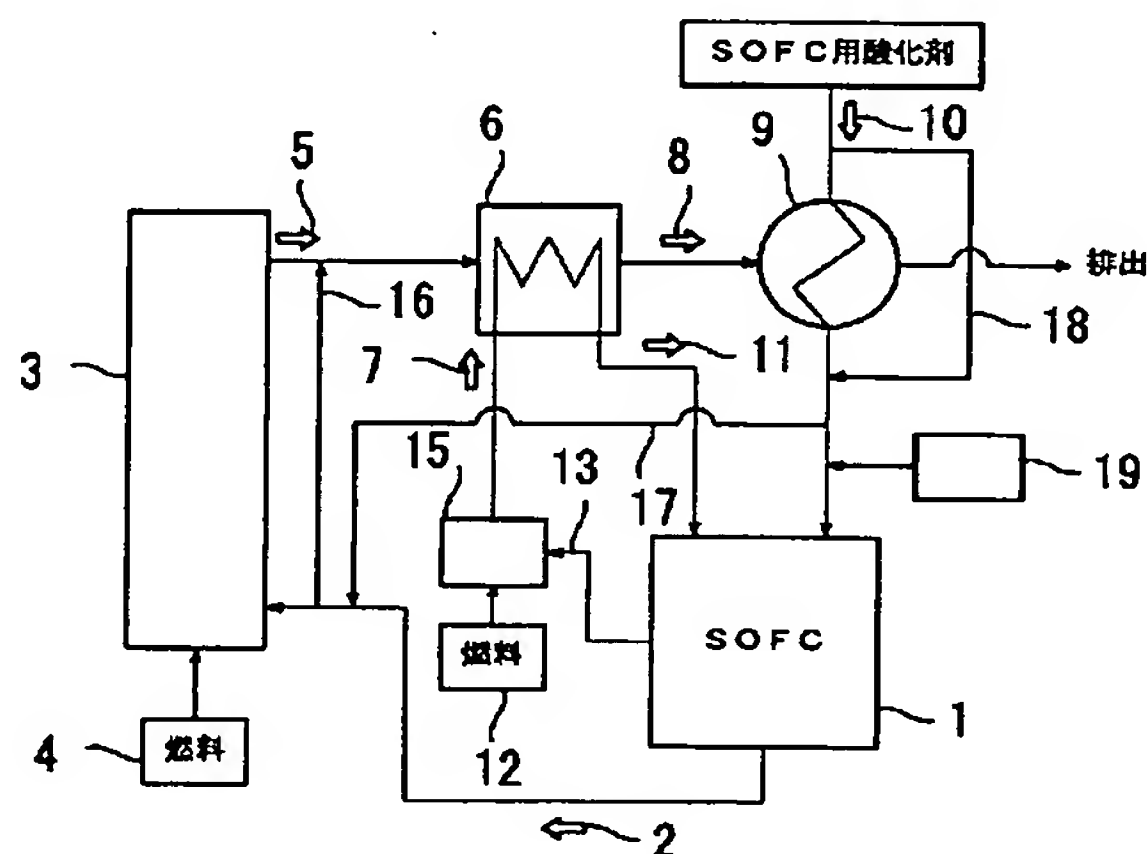
**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムとその運転方法

(57) 【要約】

【課題】 燃焼プロセスの排ガスの有効利用、SOFC用燃料改質の効率化、SOFCモジュールのシンプル化が可能な、優れた総合効率を有するSOFCと燃焼を利用する産業プロセスのコンバインドシステムを提供する。

【解決手段】 固体酸化物形燃料電池（１）の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス（３）用酸化剤とされてなる、固体酸化物形燃料電池（１）と燃焼を利用する産業プロセス（３）とのコンバインドシステムであって、燃焼を利用する産業プロセス（３）の排ガス（５）を用いて固体酸化物形燃料電池（１）の発電用燃料（７）を加熱および改質する改質器（６）が設けられてなることを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなる、固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムであって、

前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスをを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなることを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項2】 前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなることを特徴とする請求項1に記載の固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項3】 前記固体酸化物形燃料電池と前記改質器との間に、前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインが設けられてなることを特徴とする請求項1または2に記載の固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項4】 前記レキュベレータと前記燃焼を利用する産業プロセスとの間に前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインが設けられてなることを特徴とする請求項2または3に記載の固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項5】 前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に前記レキュベレータから排出される前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤より低温のガスを供給する手段が設けられてなることを特徴とする請求項2～4のいずれか1項に記載の固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項6】 前記低温のガスを供給する手段は、前記レキュベレータをバイパスするラインであることを特徴とする請求項5に記載の固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項7】 前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に、前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱する手段が設けられてなることを特徴とする請求項2～6のいずれか1項に記載の固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項8】 前記燃焼を利用する産業プロセスは加熱炉であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項9】 前記燃焼を利用する産業プロセスはラジアントチューブを備えた熱処理炉であること特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項10】 前記燃焼を利用する産業プロセスが還元雰囲気炉であり、該還元雰囲気炉に用いられる還元ガスが、前記固体酸化物形燃料電池の燃料極側パージガスとして共用されてなることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項11】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスをを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなり、前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、前記燃焼を利用する産業プロセスの必要とする酸化剤量に応じて、前記固体酸化物形燃料電池の酸化剤流量を調整し、該固体酸化物形燃料電池用酸化剤流量および温度に応じて、固体酸化物形燃料電池の電気出力を調整することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法。

【請求項12】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスをを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなり、前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなり、前記固体酸化物形燃料電池と前記改質器との間に前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするガスラインが設けられてなり、前記レキュベレータと前記燃焼を利用する産業プロセスの間に前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインが設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、

前記固体酸化物形燃料電池および前記燃焼を利用する産業プロセスの必要とする酸化剤流量に応じて、前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインまたは前記固体酸化物形燃料電池バイパスするラインを制御することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法。

【請求項13】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスをを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなり、前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなり、前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に、前記レキュベレータから排出される前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤より低温のガスを供給する手段または前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱する手段が設けられてなる固体酸化物形燃料電池と



燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、

前記固体酸化物形燃料電池の必要とする酸化剤温度に応じて、前記低温のガスを供給する手段または前記加熱する手段を制御することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法。

【請求項14】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスをを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなり、前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、コンバインドシステム起動時に、前記固体酸化物形燃料電池を起動させずに前記燃焼を利用する産業プロセスのみを起動させ、前記改質器によって加熱された前記固体酸化物形燃料電池の燃料極側パーシガスおよび前記レキュベレータによって加熱された前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を用いて前記固体酸化物形燃料電池を昇温させることを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法。

【請求項15】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムであって、

前記燃焼を利用する産業プロセスが還元雰囲気炉であり、該還元雰囲気炉に用いられる還元ガスが、前記固体酸化物形燃料電池の燃料極側パーシガスとして共用されてなることを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムに関し、より詳しくは、固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとの排熱を互いに利用し、総合効率を向上させるコンバインドシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】固体酸化物形燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell：以下「SOFC」とも記載）は、電解質としてイットリア安定化ジルコニアなどの酸化物イオン導電性固体電解質を用い、その両面に多孔性電極を取り付け、これを隔壁として一方の側に燃料ガス、他方の側に酸化剤（空気、酸素等）を供給し、約1000℃で動作する燃料電池である。

【0003】SOFCは、①高出力および高発電効率の達成が可能、②燃料ガスとして水素に加え一酸化炭素の

使用が可能、③高温で動作、④電解質が固体であるため電解質散逸の問題がない等の特徴を有し、分散型エネルギー源として注目されている。

【0004】近年においては、エネルギーの有効利用に対する社会的要請の高まりにつれ、発電装置や燃焼を利用する産業プロセス単独での効率向上のみならず、2またはそれ以上を組み合わせたコンバインドシステム（複合システム）の構築により総合効率を向上させる試みが注目されており、高い発電効率を有するSOFCについてもさらなる総合効率の向上が希求されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の出願人は、SOFCを含むコンバインドシステムの総合効率向上を目的とし、SOFCと燃焼を利用する産業プロセス（以下、便宜上「燃焼プロセス」とも記載）とのコンバインドシステムを従前に開発した（特願2001-47285号）。該コンバインドシステムは、SOFCの排ガスを燃焼プロセス用酸化剤として使用するものであり、SOFCの排ガスの熱を有効利用することによって、総合効率の向上を達成するものである。更なる総合効率の向上のため、燃焼プロセスの排ガスでSOFC用酸化剤を加熱するレキュベレータを設ける実施形態も開発されている。さらに、SOFCと燃焼プロセスとのバランスのとれた操業を可能にするため、レキュベレータ、SOFCまたは燃焼プロセスをバイパスするラインを設ける改良形態や、レキュベレータとSOFCとの間に、SOFC用酸化剤を加熱する手段を設ける改良形態も創作した。

【0006】上記のコンバインドシステムは、SOFCまたは燃焼プロセス単独での操業と比べて劇的な総合効率の向上をもたらすものであり、このままでも充分実用性に富むものといえる。しかしながら、本発明者らは、さらに有益なコンバインドシステムの開発を目的として鋭意検討することにより、いくつかの改良の余地がある点を見出した。これらについて、以下記載する。

【0007】第1点目は、燃焼プロセスの排ガスの有する熱量のさらなる有効利用に関するものである。上述のコンバインドシステムにおいては、燃焼プロセスの排ガスの持つ熱量をSOFC用空気の加熱のために回収しているが、燃焼プロセスの排ガスが高温である場合には排熱回収の余地が残されている。即ち、燃焼プロセスの排ガスが高温である場合には、レキュベレータ等を用いて熱量を回収した後も利用可能な熱量を有している場合があり、この排熱を有効利用することが可能である。

【0008】第2点目は、SOFC用燃料の改質に関するものである。SOFCの燃料として炭化水素系燃料を用いる場合、水蒸気改質反応を用いて、発電燃料であるCOおよびH<sub>2</sub>へと改質する必要がある。この改質反応は700℃以上で好適に進行し、また、吸熱反応であるため、系に対して熱を連続的に供給する必要がある。熱



を連続的に供給する手段としては、S O F C内部に発電排熱やS O F Cの排ガス顕熱を利用した内部改質手段を設けるか、外部から熱を供給する外部改質手段を設ける必要がある。しかしながら、内部改質を行うためには、S O F C内部に改質触媒を配置する必要があり、S O F C構造が複雑化する問題があった。また、外部改質を行うためには、外部改質器用に新たに熱源が必要となるため、エネルギー効率上好ましくない。

【0009】第3点目は、S O F Cの起動のための設備に関するものである。S O F Cを起動させるためには、約1000℃といった高温の作動温度までS O F Cを昇温させる必要があり、また、S O F Cの燃料極の酸化を防止するために窒素や水素を主体とするパージガスを燃料供給系に供給する必要がある。このため、パージガス予熱器やパージガス供給手段といった、S O F Cの起動のみに使用される設備が必要となり、装置の複雑化・装置コストの増大等の問題を招来していた。

【0010】本発明は上記事項に鑑みなされたものであり、「燃焼プロセスの排ガスの有効利用」、「S O F C用燃料改質の効率化」、「S O F Cモジュールのシンプル化」が可能で、優れた総合効率を有するS O F Cと燃焼を利用する産業プロセスのコンバインドシステムを提供することを目的とする。

【0011】また本発明は、運転条件に対して好適に対応可能な前記コンバインドシステムの運転方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、S O F Cの排ガスが燃焼プロセス用酸化剤とされてなるS O F Cと燃焼プロセスとのコンバインドシステムに関して、さらに燃焼プロセスの排ガスを有効利用しうる改質器を備えた構成とすることによって、上記課題が解決可能である点に着目し完成されたものである。また、S O F Cの排ガスが燃焼プロセス用酸化剤とされてなるS O F Cと燃焼プロセスとのコンバインドシステムに関して、燃焼プロセス用還元ガスをS O F Cパージガスとして共用することによって、S O F Cモジュールのシンプル化が図れる点に着目し完成されたものである。なお、本願発明の具体的手段は以下の通りである。

【0013】本発明は、固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなる、固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムであって、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなることを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムである。

【0014】前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられて

なることが好ましい。

【0015】前記固体酸化物形燃料電池と前記改質器との間に、前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインが設けられてなることが好ましい。

【0016】前記レキュベレータと前記燃焼を利用する産業プロセスとの間に前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインが設けられてなることが好ましい。

【0017】前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に前記レキュベレータから排出される前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤より低温のガスを供給する手段が設けられてなることが好ましい。

【0018】前記低温のガスを供給する手段は、前記レキュベレータをバイパスするラインであることが好ましい。

【0019】前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に、前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱する手段が設けられてなることが好ましい。

【0020】前記燃焼を利用する産業プロセスは加熱炉であることが好ましい。

【0021】前記燃焼を利用する産業プロセスはラジアンチューブを備えた熱処理炉であることが好ましい。

【0022】前記燃焼を利用する産業プロセスが還元雰囲気炉であり、該還元雰囲気炉に用いられる還元ガスが、前記固体酸化物形燃料電池の燃料極側パージガスとして共用されてなることが好ましい。

【0023】また本発明は、固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなり、前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、前記燃焼を利用する産業プロセスの必要とする酸化剤量に応じて、前記固体酸化物形燃料電池の酸化剤流量を調整し、該固体酸化物形燃料電池用酸化剤流量および温度に応じて、固体酸化物形燃料電池の電気出力を調整することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法である。

【0024】また本発明は、固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなり、前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなり、前記固体酸化物形燃料電池と前記改質器との間に前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするガスラインが設けられてなり、前記レキュベレータと前記燃焼を利用する産業プロセスの間に前記

固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインが設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、前記固体酸化物形燃料電池および前記燃焼を利用する産業プロセスの必要とする酸化剤流量に応じて、前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインまたは前記固体酸化物形燃料電池バイパスするラインを制御することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法である。

【0025】また本発明は、固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスをを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなり、前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなり、前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に、前記レキュベレータから排出される前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤より低温のガスを供給する手段または前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱する手段が設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、前記固体酸化物形燃料電池の必要とする酸化剤温度に応じて、前記低温のガスを供給する手段または前記加熱する手段を制御することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法である。

【0026】また本発明は、固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスをを用いて前記固体酸化物形燃料電池の発電用燃料を加熱および改質する改質器が設けられてなり、前記改質器の排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、コンバインドシステム起動時に、前記固体酸化物形燃料電池を起動させずに前記燃焼を利用する産業プロセスのみを起動させ、前記改質器によって加熱された前記固体酸化物形燃料電池の燃料極側バージガスおよび前記レキュベレータによって加熱された前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を用いて前記固体酸化物形燃料電池を昇温させることを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法である。

【0027】さらに、本発明は固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムであって、前記燃焼を利用する産業プロセスが還元雰囲気炉であり、該還元雰囲気炉に用いられる還元ガスが、前記固体酸化物形燃料電池の燃料極側バージガスとして共用されてなることを特徴

とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムである。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。

【0029】図1は、SOFC(1)の排ガス(2)が、燃料(4)と共に燃焼プロセス(3)用酸化剤として燃焼プロセス(3)に導入されてなり、該燃焼プロセス(3)の排ガス(5)がSOFCの発電用燃料(12)を加熱および改質する改質器(6)に用いられ、次いで改質器(6)の排ガスがSOFC用酸化剤(10)を加熱するためにレキュベレータ(9)に供給される、本願発明の一実施形態の模式図である。

【0030】コンバインドシステムにおいては、SOFC(1)にSOFC用酸化剤(10)および改質済み燃料(11)が供給され、発電が行われる。本発明に使用されるSOFCのタイプは特に限定されるものでなく、円筒型SOFC、平面型SOFCなど各種SOFCを使用することができ、使用用途や、設置環境に応じて適宜選択できる。SOFC用酸化剤(10)および改質済み燃料(11)の供給プロセスについては後述する。

【0031】本願のコンバインドシステムにおいては、SOFCの稼動に伴い発生する排ガス(2)が、燃焼プロセス用酸化剤として燃焼プロセス(3)に供給される。SOFC(1)は高温で動作することを特徴とする燃料電池であり、SOFCの排ガス(2)も800~1000℃と非常に高温で、酸素濃度は15~18%である。このため、高温の酸化剤が供給されることが好ましい燃焼プロセス用酸化剤としてSOFCの排ガス(2)を供給した場合、燃焼用酸素供給源として直接使用でき、総合効率の向上に効果がある。さらに、SOFCの排ガス(2)はSOFC(1)で活用されなかった残存燃料を含んでおり、燃焼プロセス(3)において残存燃料の利用を図ることができる。その上、高温燃焼が実現できるという利点を有する。以下高温燃焼および高温燃焼により得られる効果について簡単に説明する。

【0032】燃焼には一定量の酸素供給が必要であり、通常約18体積%以上の酸素濃度が必要となる。しかし、800℃以上では低酸素濃度下でも燃焼が可能であり、高温燃焼と呼ばれる燃焼状態となりうる。このような高温燃焼下においては、高い伝熱効果が得られ、かつ、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)の発生を低減することもできる。SOFCの排ガスは、上述したように800~1000℃、酸素濃度15~18体積%と、高温燃焼に適した条件を備えている。従って、何らガスの改質や熱交換器を用いた加熱を加えずに燃焼プロセス用酸化剤として直接使用した場合であっても上記特徴を有する高温燃焼が可能となる。

【0033】即ち、SOFCの排ガス(2)を燃焼プロセス用酸化剤として用いた場合は、SOFCの排ガス



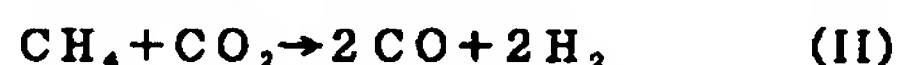
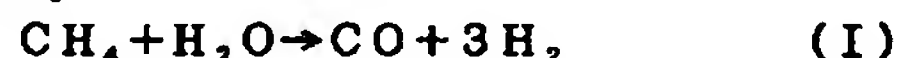
(2)の有する特性を有効に活用して、総合効率向上を図ることができる。

【0034】燃焼プロセス(3)は、燃焼を利用するものであれば特に限定されるものではなく、加熱炉、熱処理炉、焼却炉、ボイラ、乾燥炉、熱風炉、化学反応炉などが挙げられる。また、SOFC(2)と燃焼プロセス(3)とが一体化した発電機バーナーなどの装置形態としてもよく、該形態も本発明の技術的範囲に含まれるものである。燃焼プロセス用燃料供給手段(4)によって燃焼プロセス(3)に供給される燃料としては、重油、メタン、石炭、プロパン、電熱等が挙げられるが、特に限定されるものではない。燃焼プロセス(3)の燃焼温度も特に限定されるものではなく、より高い燃焼温度を所望する場合には燃料供給量を増加させればよい。ただし、上述の高温燃焼を実現するためには800℃以上の高温熱処理を施しうる燃焼プロセスを適用することが好ましく、加熱炉やラジアントチューブを備えた熱処理炉が好適な例として挙げられる。ラジアントチューブはチューブ内で燃焼を行いチューブ外にある被加熱体を輻射加熱するものであり、各種公知のラジアントチューブを用いることができる。

【0035】燃焼プロセス(3)から排出される燃焼プロセスの排ガス(5)は、改質器(6)に搬送され、改質可能燃料混合物(7)の加熱および改質の熱源として利用される。改質器(6)における改質は、改質触媒を用いて炭化水素系SOFC燃料(12)を水蒸気改質するのが一般的であり、水素および一酸化炭素を主成分として含む改質済み燃料(11)がSOFC(1)に供給される。改質反応について、メタンおよびエタン(天然ガス)を用いた場合について例示すると、下記式(I)～(IV)：

【0036】

【化1】



【0037】で表される。

【0038】この燃料改質反応は一般的には700℃以上で好適に進行する。このため、燃焼プロセスの排ガス(5)は700℃以上であることが好ましく、具体的にはラジアントチューブを備えた熱処理炉が好ましい。ラジアントチューブからの排ガス温度は1000℃もの高温になり得るからである。

【0039】改質器(6)への燃料の供給は、図1に示すように水蒸気、二酸化炭素を含む発電済み燃料(13)を発電済み燃料混合手段(15)において混合し、改質可能燃料混合物(7)として供給することができる。発電済み燃料混合手段(15)としてはエゼクタ

一、循環ポンプなどが挙げられる。

【0040】改質器(6)は、向流熱交換器、並流熱交換器などの各種公知の熱交換器の改質可能燃料混合物

(7)通過経路に改質用触媒を充填したものをを用いることができ、特に限定されるものではない。改質用触媒も通常使用される改質触媒を用いることができ、Ni系触媒、Pt-Ni系触媒、Pd-Zn系触媒、Cu-Zn系触媒などが挙げられる。

【0041】このようにSOFC(1)と燃焼プロセス(3)とを組み合わせたコンバインドシステムに、改質器(6)をさらに含ませることによって、上記「解決しようとする課題」において述べた事項を一挙に解決することができる。

【0042】即ち、燃焼プロセスの排ガス(5)を改質器(6)に導くことによって、燃焼プロセスの排ガス

(5)の有する熱量を有効に活用することができる。特に、燃焼プロセスの排ガス(5)が高温である場合に大きな効果が得られる。

【0043】また、改質可能燃料混合物(7)を改質する場合に、従来は、吸熱反応である水蒸気改質反応を進行させるべく、複雑な内部改質手段または外部熱源を必要とすると共に放熱ロス等によりエネルギー効率上好ましくない外部改質手段が必要とされていた。本願においては、SOFCの外部に設けられた改質器(6)によって改質可能燃料混合物(7)を改質するが、このときコンバインドシステムを構成する燃焼プロセス(3)の排ガス(5)を活用できるため、改質器(6)に熱を供給する手段を特別に設ける必要がない。従って、SOFC(1)の構成をシンプルなものにでき、かつ、エネルギー効率の向上が図れる。

【0044】図2は、発電済み燃料混合手段(15)を設けず、水蒸気(14)を炭化水素系SOFC用燃料(12)と共に供給する態様であり、このような改良形態も本願発明の技術的範囲に含まれるものである。水蒸気(14)の発生手段としては、レキュベレータ(9)の排ガスを利用するなどの態様が考えられる(図示せず)。

【0045】さらに、SOFC(1)の起動時の昇温手段として改質器(6)を有効に活用できる。この作用について図3を参照して説明する。まず、SOFC(1)の燃料極側には燃料極の酸化を防止するため、窒素や水素を主体とするバージガス(20)を供給し、SOFC(1)の空気極側にはSOFC用酸化剤(10)を供給する。そして、SOFC(1)を作動させずに、燃焼プロセス(3)のみを作動させ、改質器(6)に高温の燃焼プロセスの排ガス(5)を導入する。バージガス(20)は改質器(6)において加熱され、加熱されたバージガス(20)がSOFC(1)の燃料極側に搬送される。燃焼プロセス(3)が還元雰囲気炉である場合は、燃焼プロセス(3)の還元ガスをSOFCの燃料極バー

ジガス(20)として共用することができ、コンバインドシステムの構成をシンプルにすることができ、設備コストを削減できる。還元雰囲気炉としては浸炭炉や焼入炉などが挙げられ、還元ガスとしては一般には水素を含むガスが、水素以外に含まれる成分としてはヘリウム、アルゴン、窒素等の不活性ガスが挙げられる。なお、燃焼プロセス(3)が還元雰囲気炉である場合には、必ずしも改質器(6)を用いて還元ガスを昇温する構成とする必要はなく、他の昇温手段を利用してもよい。この場合であっても、コンバインドシステムの構成をシンプルにすることができ、設備コストを削減する効果が得られる。

【0046】燃焼プロセス(3)が還元雰囲気炉でない場合には、窒素や水素を主体とするバージガス供給手段を設ければよく、バージガス供給手段は流量制御可能なポンプ等の一般的な手段を使用すればよい。

【0047】レキュベレータ(9)を備えたコンバインドシステムにおいては、改質器の排ガス(8)によりレキュベレータ(9)も加熱され、SOFC酸化剤(10)が加熱される。そして、高温のバージガス(20)やSOFC酸化剤(10)の作用によってSOFC(1)が作動温度にまで加熱される。SOFC(1)が作動温度に達したら、改質器(6)に供給されるガスをバージガス(20)から発電燃料(12)へ徐々に変更し、SOFC(1)における発電を開始する。このように燃焼プロセス(5)および改質器(6)を活用してSOFC(1)を加熱できるため、SOFC(1)の加熱・昇温のための特別な装置を設ける必要がなく、装置構成をシンプルにでき、設備コストを削減することができる。また、SOFC(1)起動時に、SOFC用燃料(12)、改質可能燃料混合物(7)および改質済み燃料(11)が通過するラインをバージガス(20)が通過するラインとして併用した場合、より一層の装置構成のシンプル化、設備コストの削減を図ることができる。ラインを併用する場合には弁を用いて通過するガスを制御すればよい。

【0048】上述するように、改質器(6)を設けることによって総合効率の向上が図れるが、さらに高い総合効率を得るためにはレキュベレータ(9)を設けることが好ましい。レキュベレータ(9)は、図1に示すように改質器の排ガス(8)を用いて、SOFC用酸化剤(10)を加熱することができるように設けることができる。また、コンバインドシステムの運転上特に問題が生じなければ、改質器(6)とレキュベレータ(9)との位置を逆にし、レキュベレータ(9)を燃焼プロセス(3)と改質器(6)との間に設けてもよい。この場合、燃焼プロセスの排ガス(5)の熱を用いて、レキュベレータ(9)でSOFC用酸化剤(10)が加熱される。そして、レキュベレータ(9)の排ガスの熱を用いて、改質器(6)で改質可能燃料混合物(7)が加熱さ

れる。ただし、改質器(6)における改質反応は上述の通り700℃以上で好適に進行することから、改質反応の制御を考慮すると改質器(6)の排ガス(8)をレキュベレータ(9)に導入する形態がより好ましいといえる。なお、以下の説明は、便宜上図1に示すように改質器の排ガス(8)を用いて、SOFC用酸化剤(10)を加熱するレキュベレータ(9)が設けられてなる態様に関して説明するが、レキュベレータ(9)が燃焼プロセス(3)と改質器(6)との間に設けた態様についても同様に適用できるものである。従って本願において、「燃焼プロセスの排ガスを用いて」には、燃焼プロセスの排ガス(5)を直接改質器(6)に供給する形態の他、レキュベレータ(9)などを介して間接的に燃焼プロセスの排ガス(5)を改質器(6)に供給する形態も概念として含まれるものである。

【0049】レキュベレータ(9)は、向流熱交換器、並流熱交換器などの各種公知の熱交換器を用いることができ、特に限定されるものではない。レキュベレータ(9)で加熱されたSOFC用酸化剤(10)はSOFC(1)に供給され、発電に利用される。SOFC用酸化剤(10)としては、空気、酸素ガス、酸素ガスの混入により酸素濃度を調整した高酸素ガスなどを用いることができる。

【0050】以下、上述のコンバインドシステムの改良形態およびその運転方法について説明する。

【0051】実際のコンバインドシステムの操業に際しては、燃焼プロセス(3)の必要とする燃焼プロセス用酸化剤流量とSOFCの排ガス(2)流量とが異なる状態で操業される場合がある。このとき一方の必要とする流量に運転条件を合わせると、他方の機能を十分に活用することができず、総合効率の減少を招来する恐れがある。また、燃焼プロセス(3)またはSOFC(1)の運転条件の変化によって、コンバインドシステムとしての最適運転点(最大効率点)が変動するが、安定操業の観点からは双方の運転条件が頻繁に変動することは好ましくない。

【0052】この問題を解決するためには、SOFC(1)と改質器(6)との間に、SOFCの排ガス(2)の一部が燃焼プロセス(3)をバイパスするライン(バイパスラインA:16)を設けることが好ましい。これにより、SOFCの排ガス(2)の過剰供給に対し、燃焼プロセス(3)の安定操業を確保できるとともに、改質器(6)への熱供給およびSOFC(1)の発電も継続できる。レキュベレータ(9)を燃焼プロセス(3)と改質器(6)との間に設ける場合には、SOFC(1)とレキュベレータ(9)との間に、SOFCの排ガス(2)の一部が燃焼プロセス(3)をバイパスするライン(バイパスラインA:16)を設けることが好ましい。

【0053】また、燃焼プロセス(3)にSOFC



(1) を経ていない酸化剤を供給するために、レキュベレータ(9)と燃焼プロセス(3)との間に、SOFC(1)をバイパスするライン(バイパスラインB:17)を設けることが好ましい。これにより、燃焼プロセス用酸化剤流量の不足を補うことができる。

【0054】本発明のコンバインドシステムにおいては、レキュベレータ(9)から排出されるSOFC酸化剤より低温のガスを供給する手段を設けてもよい。このような供給手段を設けた場合、レキュベレータ(9)で加熱されたSOFC用酸化剤(10)がSOFC(1)の必要とする酸化剤温度よりも高いときに低温のガスを供給し、SOFC用酸化剤(10)の温度を下げる事ができる。供給される低温のガスはSOFC(1)を作動させる上で弊害が生じないものであれば特に限定されるものではなく、空気や酸素などが挙げられる。供給手段は、ブロワ等各種公知手段を設けることができるほか、図1、2に示すようにレキュベレータ(9)をバイパスするライン(バイパスラインC)18を設けても良い。

【0055】また、レキュベレータ(9)とSOFC(1)との間に、SOFC用酸化剤(10)の加熱手段(19)を設けてもよい。加熱手段(19)を設置することにより、SOFC(1)が必要とする温度にレキュベレータ(9)で加熱されたSOFC用酸化剤の温度が達しない場合に、加熱手段(19)を用いてSOFC用酸化剤温度を上げることができる。加熱手段(19)としては、SOFC用酸化剤中に燃料を供給し燃焼させる手段や、さらに熱交換器を設けて加熱する手段などが挙げられる。燃料を供給し燃焼させる場合には、SOFC(1)に供給される酸素量が減少することになるが、通常SOFC用酸化剤には発電に対して過剰量の酸素が含まれており、数十〜数百℃の昇温に酸素を使用しても発電には影響がない。

【0056】SOFC(1)の各バイパスラインには弁を設けてガス流量を制御することが好ましい。これにより、燃焼プロセスとSOFCとの操業状態の変化に対して総合効率が最大になるようにガス流量を迅速に制御することができる。具体的には、ステンレス、ニッケル合金、セラミック等の耐熱材料からなる開閉率制御の可能なバンプライ弁などをバイパスライン中に設けうる。バイパスラインなどのガス搬送ラインは、これらに限定されるものではないが、耐火ライニングを施したステンレスなどの材料を用いて、各装置を繋ぐ配管にフランジによるボルト接合や溶接接合により接続するとよい。

【0057】以下に、バイパスラインの作用、並びに本発明に係るコンバインドシステムの運転方法について説明する。

【0058】図4は、改質器(6)の排熱をレキュベレータ(9)で回収したとき、レキュベレータ(9)で加熱されたSOFC用酸化剤の全量がSOFC(1)で用いられ、燃焼プロセス(3)の排熱を最大限利用でき、

かつ、SOFCの排ガス(2)の全量が燃焼プロセス(3)に入る状態を示す。この状態を完全バランス状態と定義する。完全バランス状態の場合に総合効率は最も高くなる。

【0059】常に完全バランス状態を保つためには、バイパスラインA(16)やバイパスラインB(17)を設けずに、燃焼プロセス(3)が必要とする酸化剤量に合わせてSOFC用酸化剤(10)の流量を調整し、そのSOFC用酸化剤(10)の流量および温度に合わせてSOFC電気出力を調整する方法もある。この場合、SOFCの排ガス(2)が燃焼プロセス(3)の必要とする酸化剤量と同量になるようSOFC用酸化剤(10)の流量を調整し、レキュベレータ(9)から排出されるSOFC用酸化剤(10)の温度に応じて、SOFC(1)が作動可能な温度を維持できる電気出力を決定する。SOFC(1)および燃焼プロセス(3)を一定範囲の作動条件で運転する場合には、バイパスラインA(16)やバイパスラインB(17)を設けずとも高い総合効率を得ることができる。従って、バイパスライン等を設けない場合には、設ける場合と比較して装置コストを抑えることができる。

【0060】しかし、SOFC(1)および燃焼プロセス(3)を各々独立の計画で運用する場合には、完全バランス状態を保つことは出来ない。この場合にはバイパスラインA(16)、バイパスラインB(17)、バイパスラインC(18)、加熱手段(19)を用いて、最高の総合効率が得られるように制御することができる。

【0061】例えば、SOFC(1)が必要とする酸化剤流量より燃焼プロセス(3)が必要とする酸化剤流量の方が少ない場合には、図5に示すようにバイパスラインA(16)を活用することにより、SOFC(1)が必要とする酸化剤流量と燃焼プロセス(3)が必要とする酸化剤流量とのバランスを保つことができる。この場合、SOFCの排ガス(2)のうち燃焼プロセス(3)に搬送されない部分は、バイパスラインA(16)によって改質器(6)に搬送され、SOFCの排ガス(2)の持つ顕熱が有効に活用される。これにより、コンバインドシステムの総合効率低下を抑制することができる。

【0062】一方、SOFC(1)が必要とする酸化剤流量より燃焼プロセス(3)が必要とする酸化剤流量の方が多い場合がある。この場合は、図6に示すようにバイパスラインB(17)を活用することにより、燃焼プロセス(3)が必要とする酸化剤流量の不足分を補うことができる。

【0063】また、レキュベレータ(9)で加熱されたSOFC用酸化剤(10)の温度がSOFC(1)が必要とする温度に達しない場合は、加熱手段(19)によってSOFC用酸化剤(10)を加熱し、SOFC用酸化剤(10)の温度を上げることができる(図7)。逆に、レキュベレータ(9)で加熱されたSOFC用酸化

剤(10)の温度が、SOFC(1)が必要とする温度より高い場合は、バイパスラインC(18)を用いることによりSOFC用酸化剤(10)の温度を下げる事ができる(図8)。バイパスラインC(18)の代わりにブロワ等によりレキュベレータ(9)通過後のSOFC用酸化剤(10)よりも低温の空気や酸素を供給してもよい。

【0064】なお、本発明に係るコンバインドシステムの運転にあたっては、上述したバイパスラインA～C、加熱手段等を自由に組み合わせることができる。

【0065】また、バイパスラインA(16)およびバイパスラインB(17)の制御方法としては、燃焼プロセス(3)およびSOFC(1)に対する操業指令から必要な酸化剤量を算出し、これに基づきバイパスラインA(16)およびバイパスラインB(17)に設けられた弁に指示を与える方法が挙げられる。バイパスラインC(18)と加熱手段(19)の制御方法としては、レキュベレータ(9)のSOFC側出口近傍に設けられた\*

$$\text{熱効率(\%)} = \frac{(\text{ラジアントチューブからの出熱}) + (\text{電力})}{(\text{供給した熱量})} \times 100 \quad (1)$$

【0069】により定義した。ラジアントチューブについての熱効率は75%であり、SOFCについての熱効率は47%であった。また、コンバインドシステム全体の熱効率は79%であった。

【0070】<比較例1：ラジアントチューブ単体>ラジアントチューブでの出熱を70とした場合のラジアントチューブ単体でのエネルギーバランスを図10に示す。比較のためレキュベレータの熱回収効率をコンバインドシステムと同じにしている。上記式(1)に従って熱効率を求めたところ、ラジアントチューブの熱効率は75%であった。

【0071】<比較例2：SOFC単体>SOFC発電量を9とした場合のSOFC単体でのエネルギーバランスを図11に示す。比較のためSOFC用燃料に都市ガスを用い、SOFCの排ガスの熱エネルギーで燃料改質を行う場合についてエネルギーバランスを算出した。上記式(1)に従って熱効率を求めたところ、SOFCの熱効率は47%であった。

【0072】実施例および比較例に示されるように、実施例の本発明に係るコンバインドシステムの効率は非常に優れていることが示された。

【0073】

【発明の効果】本願のコンバインドシステムにおいては、SOFCの供給に伴い発生する排ガスが、燃焼プロセス用酸化剤として燃焼プロセスに供給される。このとき、SOFCの排ガスが800～1000℃と非常に高温で、酸素濃度は15～18%である特性を活用して、総合効率の向上、設備コストの削減、装置のシンプル化といった効果を得ることができる。

【0074】上記効果に加えて、改質器を燃焼プロセス

\* 温度センサーから得られる情報に基づき、SOFC用酸化剤(10)の温度がSOFC(1)の必要とする温度になるようバイパスラインC(18)や加熱手段(19)に指示を与える方法が挙げられる。

【0066】

【実施例】燃焼プロセスとして鋼板熱処理炉のラジアントチューブを用いた場合のコンバインドシステムのエネルギーバランスを、ラジアントチューブ単体でのエネルギーバランスおよびSOFC単体でのエネルギーバランスと比較して示す。

【0067】<実施例1：SOFCとラジアントチューブとのコンバインドシステム>SOFCとラジアントチューブコンバインドシステムに必要な燃料を100とした時のエネルギーバランスを図9に示す。SOFC用燃料としては、都市ガスを用いた。熱効率は、下記式(1)：

【0068】

【数1】

の排ガスの有する熱量を利用しうる改質器を設けることによって総合効率の向上が図れる。また、改質器により改質された改質済み燃料が固体酸化物形燃料電池の発電用燃料として使用できるため、SOFC本体内部に改質器を備える必要がなくなり、SOFCの構造をシンプルにできる。さらに、SOFCの起動時の昇温手段として改質器を有効に活用できる。

【0075】本願発明に係るコンバインドシステムの操業に関しては、燃焼プロセスが必要とする酸化剤流量に合わせて、SOFCの酸化剤流量および電気出力を調整することにより高効率な操業を達成できる。また、バイパスラインや加熱手段をコンバインドシステムに設けることにより、SOFC用酸化剤および燃焼プロセス用酸化剤の温度、流量、酸素濃度を柔軟に調整でき、SOFCや燃焼プロセスの操業条件が変化する場合であっても安定操業を達成できる。さらにコンバインドシステム起動時に、燃焼プロセスのみを始めに起動させることで、改質器(レキュベレータを備える場合にはレキュベレータも)が加熱され、SOFCを作動温度にまで昇温させることができるため、SOFC起動用の専用加熱装置が不要となり、装置のシンプル化、設備コストの削減が図れる。

【0076】また、燃焼プロセスが還元雰囲気炉である場合、還元雰囲気炉の還元ガスをSOFC起動時に使用する燃料極側バージガスとして共用し、SOFC起動用の専用バージガス供給手段を設置する必要がなくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 SOFC、燃焼プロセス、改質器およびレキュベレータからなるコンバインドシステムの一実施形態

の模式図である。

【図2】 図1と同様なコンバインドシステムであり、燃料改質に必要な水蒸気を異なる方式で供給する場合のコンバインドシステムの一実施形態の模式図である。

【図3】 コンバインドシステム起動時の状態を示す図である。

【図4】 完全バランス状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図5】 バイパスラインAを使用した状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図6】 バイパスラインBを使用した状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図7】 加熱手段を用いてSOFC用空気を加熱している状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図8】 バイパスラインCを使用した状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図9】 本発明に係る、SOFCとラジアントチューブとを複合させた場合のエネルギーバランスを示す図である。

【図10】 ラジアントチューブ単体でのエネルギーバ 20 ランスを示す図である。

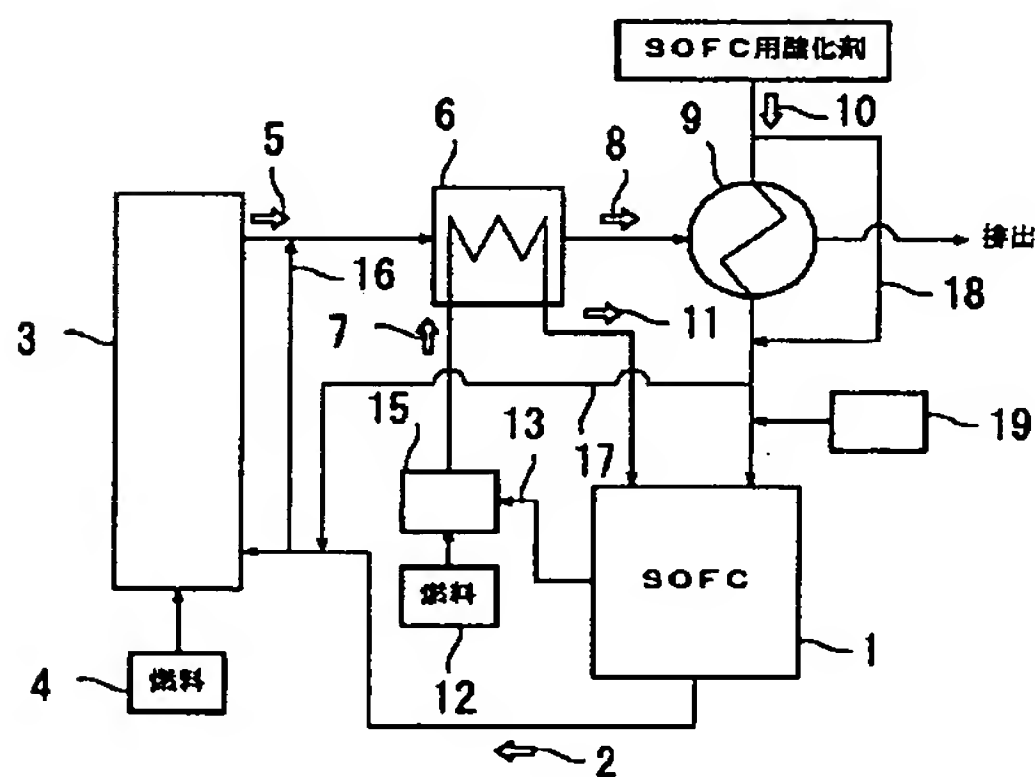
【図11】 SOFC単体でのエネルギーバランスを示\*

\*す図である。

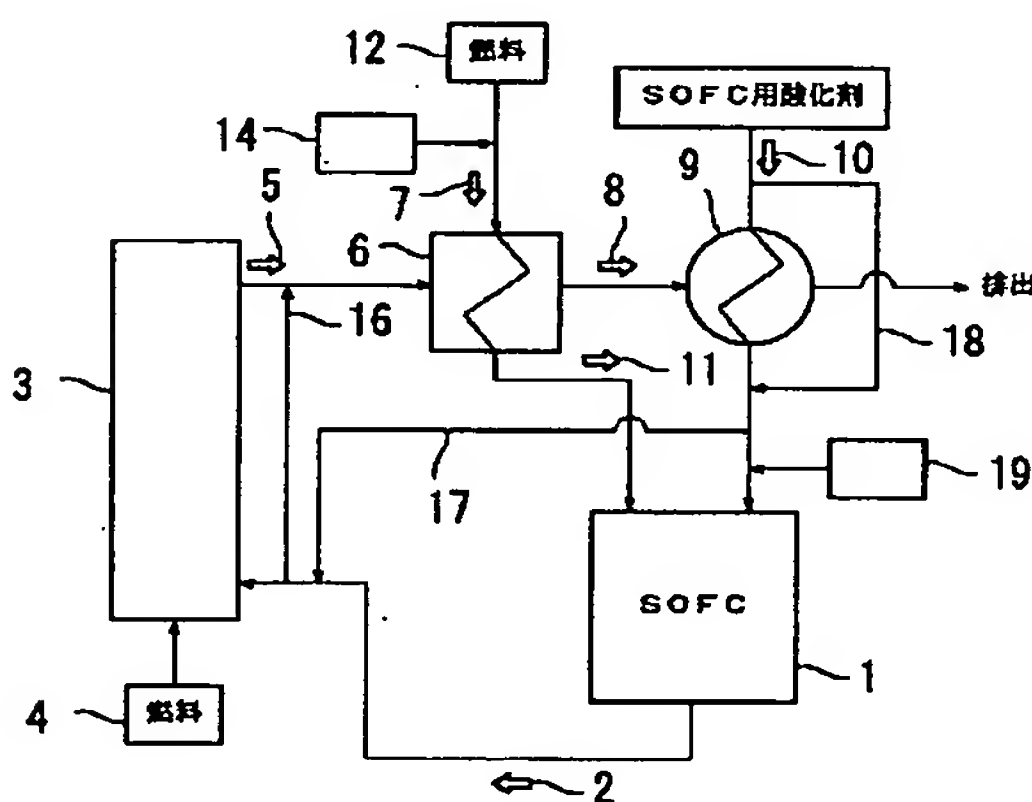
【符号の説明】

- 1 固体酸化物形燃料電池 (SOFC)
- 2 SOFCの排ガス
- 3 燃焼を利用する産業プロセス (燃焼プロセス)
- 4 燃焼プロセス用燃料供給手段
- 5 燃焼プロセスの排ガス
- 6 改質器
- 7 改質可能燃料混合物
- 10 8 改質器の排ガス
- 9 レキュペレータ
- 10 SOFC用酸化剤
- 11 改質済み燃料
- 12 炭化水素系SOFC用燃料
- 13 発電済み燃料
- 14 水蒸気
- 15 発電済み燃料混合手段
- 16 バイパスラインA
- 17 バイパスラインB
- 18 バイパスラインC
- 19 加熱手段
- 20 パージガス

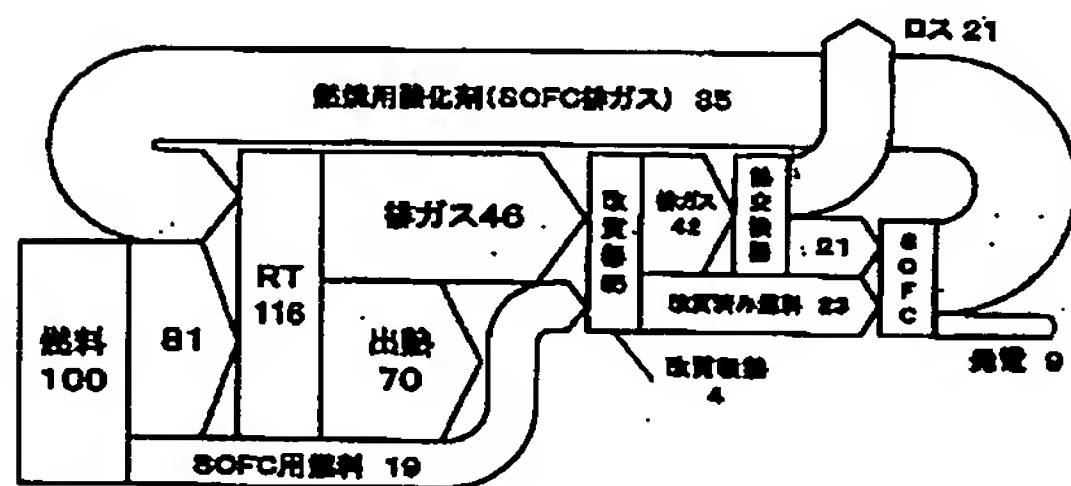
【図1】



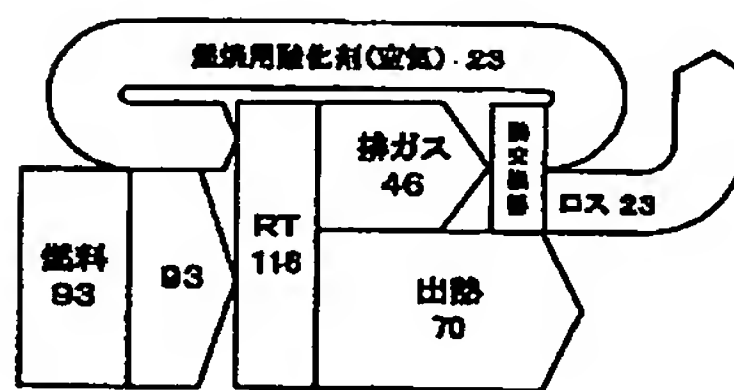
【図2】



【図9】

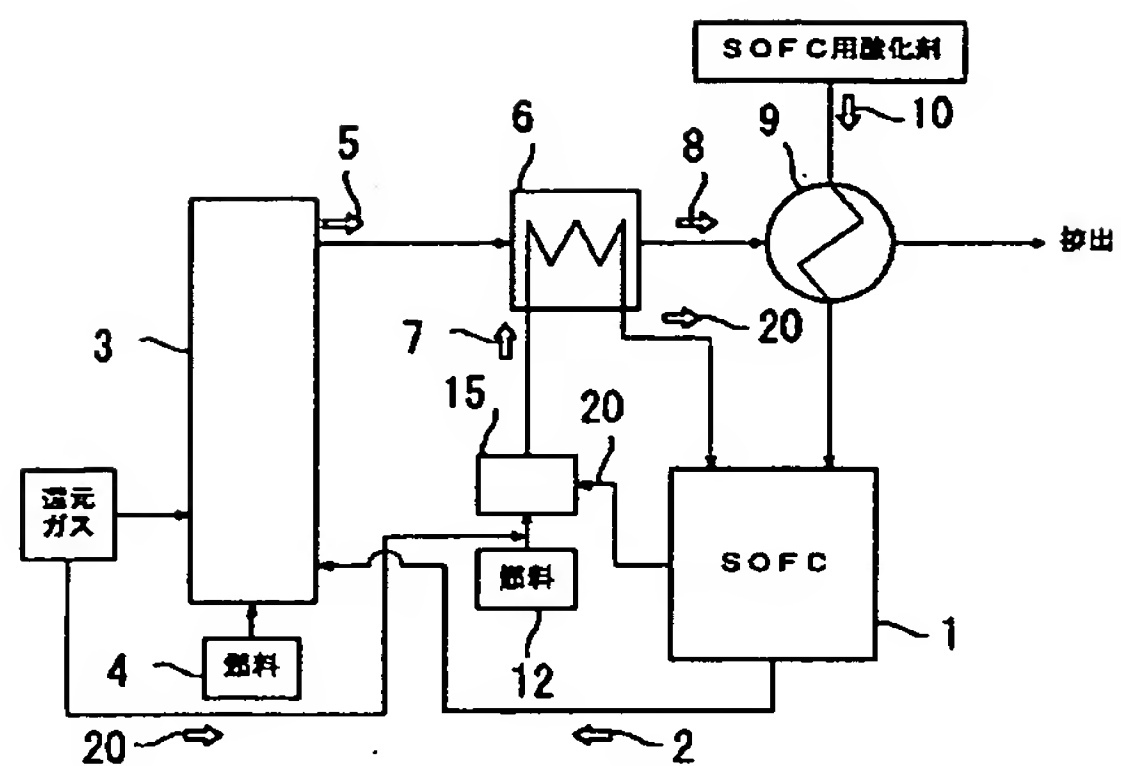


【図10】

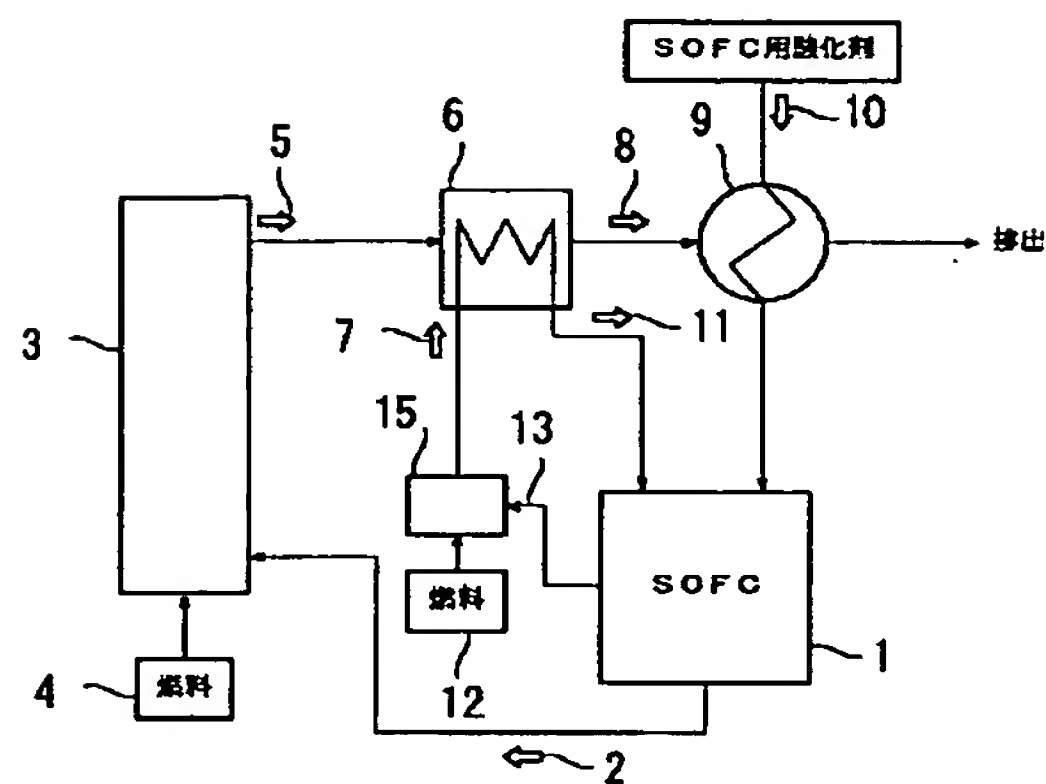




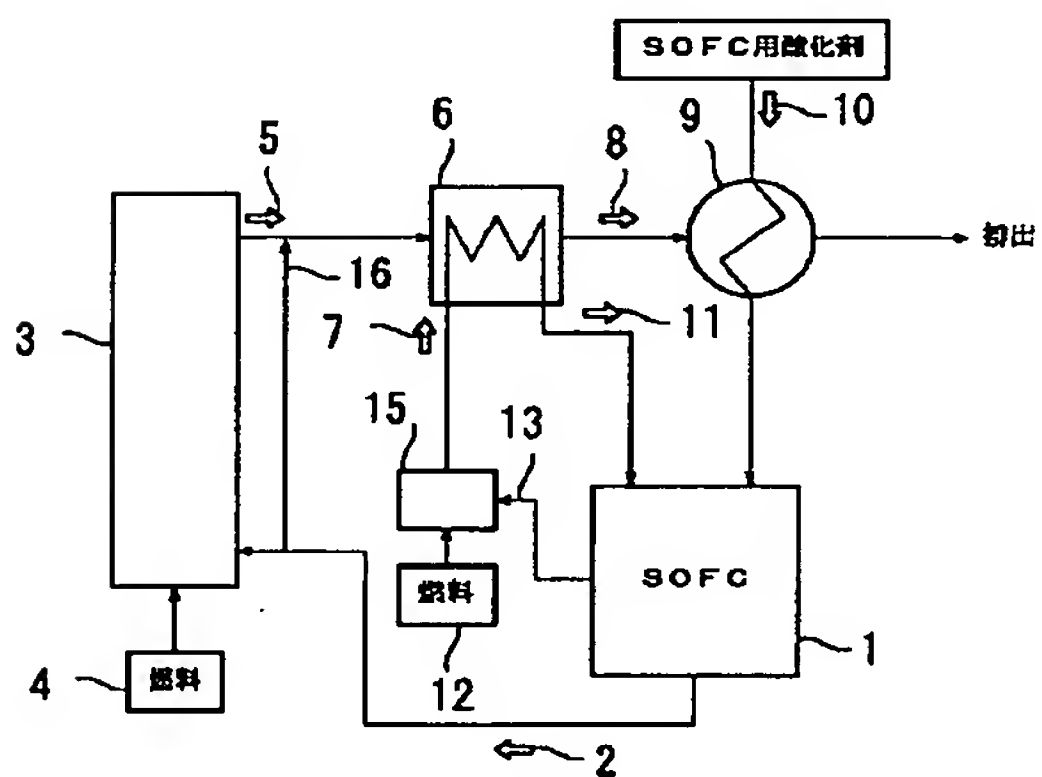
【図3】



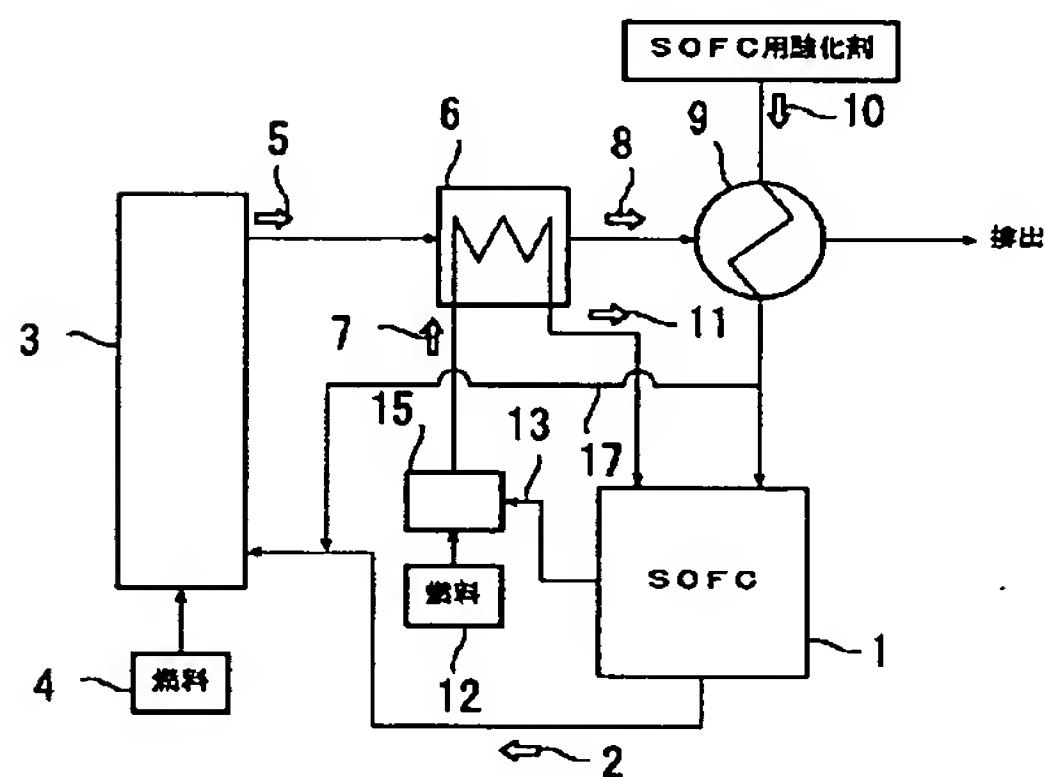
【図4】



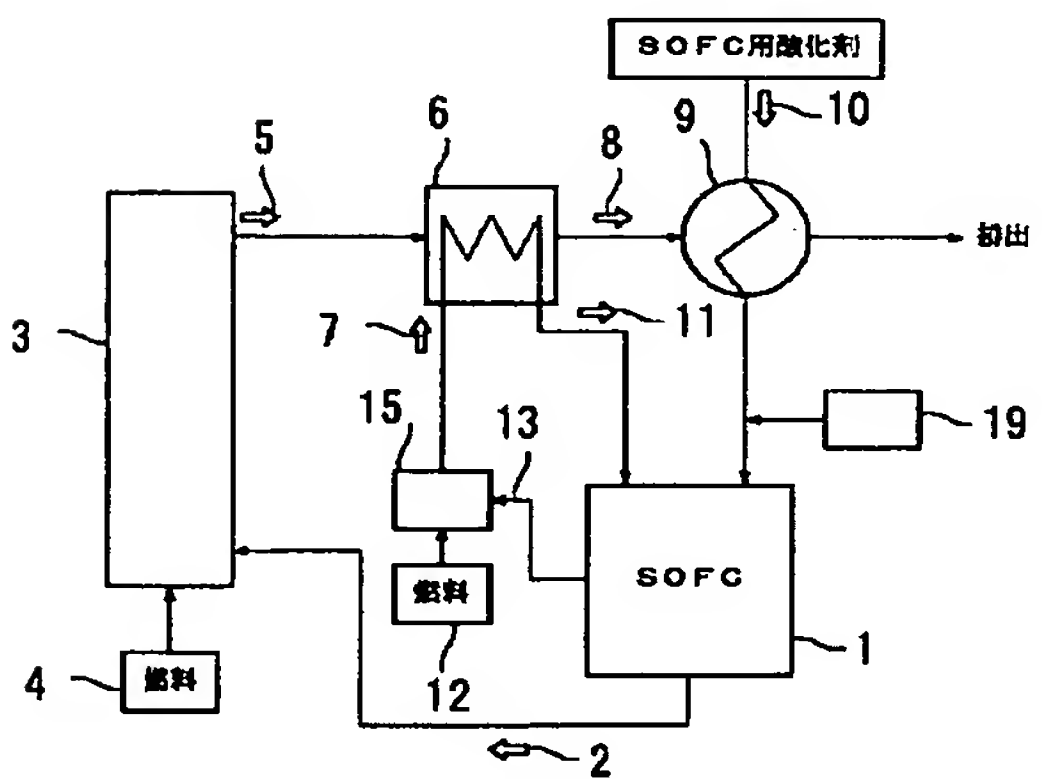
【図5】



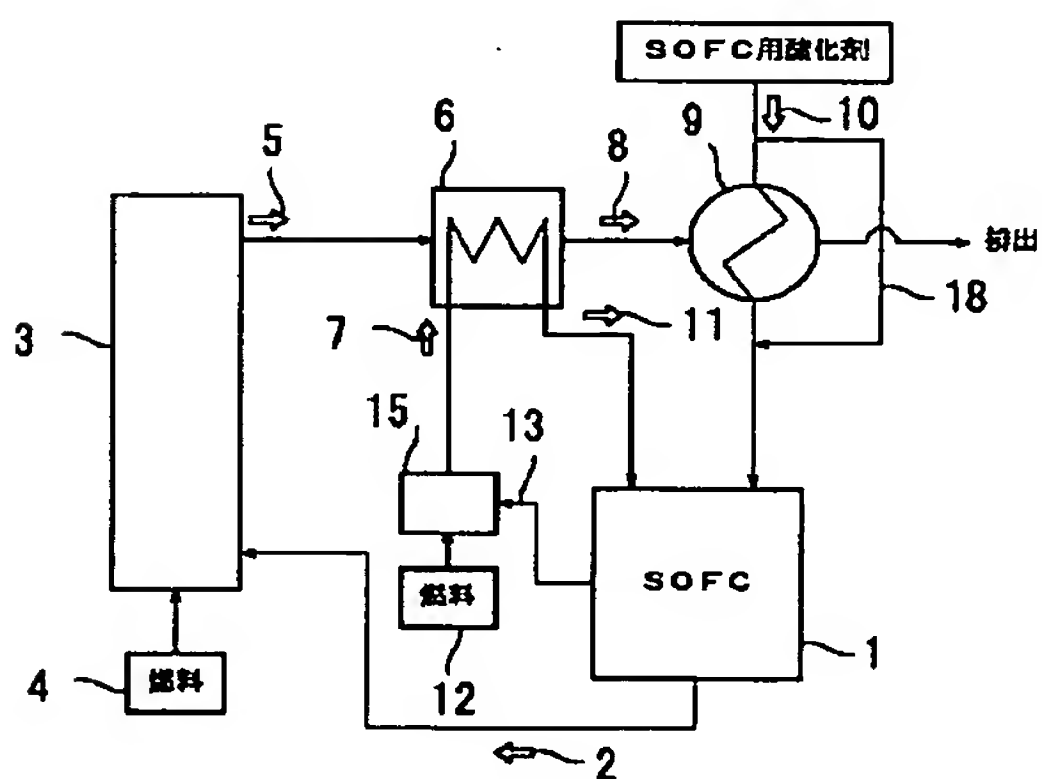
【図6】



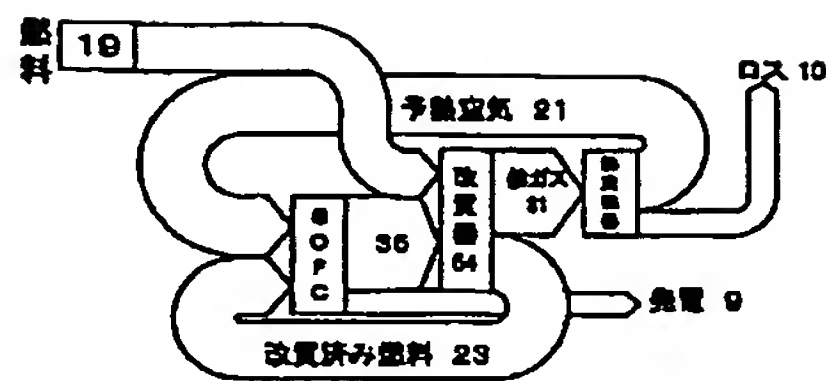
【図7】



【図8】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	タームコード (参考)
H 0 1 M 8/12		H 0 1 M 8/12	
(72)発明者 篠原 善隆		F ターム (参考)	4G040 EA03 EA05 EA06 EB03 EB12
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本			EB42 EB43 EB44
製鐵株式会社内			5H026 AA06 HH08
(72)発明者 義若 秀彦			5H027 AA06 BA10 BA19 DD05 DD09
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本			KK28 KK48 MM04 MM09 MM13
製鐵株式会社内			MM16